

第一章

交流电动机的控制

第一节 交流电动机的全压起动控制

电动机是一种将电能转换成机械能的动力设备，在工农业生产中应用十分广泛。通常情况下电源容量在 $180\text{ kV}\cdot\text{A}$ 以上、电动机容量在 7 kW 以下的三相异步电动机可直接进行起动。直接起动也称为全压起动，是指将电源电压全部加在电动机绕组上进行的起动。本节主要分析三相异步电动机全压起动控制中的接触器自锁正转控制线路、按钮及接触器双重联锁正/反转控制线路、工作台自动往返行程控制线路、顺序及多地控制线路几种线路的安装工艺及控制过程。

一、电动机全压起动控制线路安装步骤及工艺基础知识

1. 识读线路图

明确线路所用电器元件及其作用，熟悉线路控制运行过程。

2. 根据线路材料单配置电器元件并进行检验

电器元件应具备名称、商标、型号、工作电压性质和数值等标志。使用安装前仔细检验外壳有无破损，触点动作有无卡、阻现象。

3. 选配安装工具及控制板

选配安装工具以电工常用工具为主，包括验电笔、尖嘴钳、钢丝钳、剥线钳、一字形及十字形螺钉旋具、电工刀等。

控制板的尺寸应根据电器元件数量、位置等实际情况来决定，电器尽可能组装在一起，按钮、手动控制开关应安装在操作方便的位置，电动机等应安装在利于转动或指定的位置上。所有电器安装的位置还应考虑便于更换及检测、维修。为满足这些要求，应设计电器布置图，力求电器元件布局合理、科学、美观。

4. 安装电器元件

根据电器布置图，按要求在控制板上固定安装电器元件，贴醒目文字符号。

5. 设计实际接线图

根据原理图及布线平直、整齐、合理、美观的原则设计实际接线图，并根据接线图进行布线。

(1) 板前明线布线工艺要求

应根据电动机容量选择主线路导线截面积。

控制线路一般采用截面 1.5 mm^2 的单股铜芯绝缘导线。

按钮连线一般采用 0.75 mm^2 多股铜芯绝缘软线。

主线路和控制线路的导线颜色应区分开。

(2) 板前线槽布线工艺要

所有导线的截面积在等于或大于 0.5mm^2 时,必须采用软线。

布线时,严禁损伤线芯和导线绝缘。

③ 各电器元件接线端子引出导线的走向,以元件的水平中心线为界,在水平中心线以上接线端子引出的导线,必须进入元件上面的走线槽;在水平中心线以下接线端子引出的导线,必须进入元件下面的走线槽。

进入走线槽内的导线要完全置于走线槽内,并应尽可能避免交叉,装线不要超过其容量的 70%。

各电器元件与走线槽之间的外露导线,应走线合理,并尽可能做到横平竖直,变换走向要垂直。

⑥ 在任何情况下,接线端子必须与导线截面积和材料性质相适应。当接线端子不适合连接软线或较小截面积的软线时,可以在导线端头穿上针形或叉形轧头并压紧。

⑦ 一般一个接线端子只能连接一根导线,如果采用专门设计的端子,可以连接两根或多根导线,但导线的连接方式必须是在工艺上成熟的各种方式,如夹紧、压接、焊接、绕接等,并应严格按照连接工艺的工序要求进行连接。

6. 套编码管

布线同时,根据线路图编号在导线两端套上编码管,以便于日后的检测、维修。

7. 安装电动机

安装电动机及保护地线。

8. 自检

按原理图及电器布置图自检。

9. 通电试车

接通电源试车。

二、接触器自锁正转控制线路

1. 接触器自锁正转控制线路

适用于需要连续运行的电动机,其特点是松开起动按钮后,电动机仍可获电运行。线路中接触器还使线路具有欠压、失压保护功能。接触器自锁正转控制线路图如图 1-1 所示。

2. 电器元件作用

如表 1-1 所示。

表 1-1 电器元件作用表

序号	元件名称	文字符号	元件作用
1	组合开关	QS	线路电源控制
2	熔断器	FU1	主线路短路保护
3	熔断器	FU2	控制线路短路保护
4	接触器	KM	电动机电源控制
5	动合按钮	SB1	电动机起动
6	动断按钮	SB2	电动机停车
7	热继电器	FR	电动机过载保护

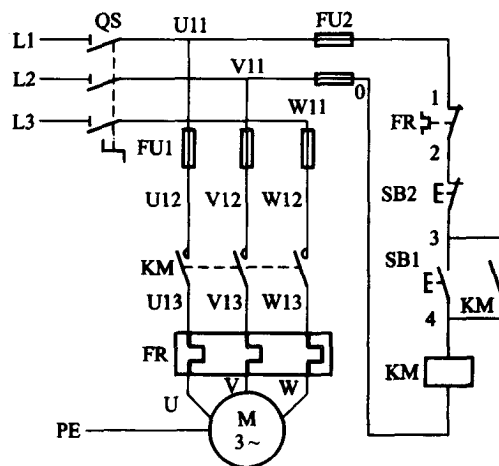


图 1-1 接触器自锁正转控制线路

3. 线路控制过程分析

(1) 起动

按下 SB1 → KM 线圈得电 → KM 主触点闭合 → 电动机 M 起动连续运转
 → KM 动合触点闭合

松开 SB1 → SB1 动合触点恢复断开 但因 KM 动合触点已闭合 将 SB1 短接 → K 仍然得电 → M 仍运行

(2) 停止

按下 SB2 → KM 线圈失电 → KM 主触点断开 → 电动机 M 失电停转
 → KM 动合触点开断

4. 配料

线路安装布线时 首先按照线路安装元件材料单(如表 1-2 所示)配齐所需元件材料。

表 1-2 线路安装元件材料单

序号	名称	文字符号	型号	规格	数量
1	三相异步电动机	M	Y112M-4	4 kW、380 V、8.8 A、Δ 联结、1440 r/min	1
2	组合开关	QS	HZ10-25/3	三极、额定电流 25 A	1
3	螺旋式熔断器	FU1	RL-60/25	500 V、60 A、配熔体额定电流 25 A	3
4	螺旋式熔断器	FU2	RL1-15/2	500 V、15 A、配熔体额定电流 2 A	2
5	交流接触器	KM	CJ10-20	20 A、线圈电压 380 V	1
6	按钮	SB	LA10-3H	保护式、500 W、5 A、按钮数 3	1
7	热继电器	FR	JR16-20/3	三极、25 A、380 V	1
8	端子板	XT	JX2-1015	380 V、10 A、20 节	1

续表

序号	线路安装类型	材料名称	型号	规格	数量
9	板前明线布线	主电路导线	BVL	2.5 mm ² 黑色	若干
		控制电路导线	BV	1.5 mm ² 红色	
		按钮线	BVR	1.7 mm ² 白色	
		控制板		500 mm × 650 mm	1
10	板前线槽布线	走线槽		18 mm × 25 mm	若干
		主电路导线	BVR	1.5 mm ² 黑色	
		控制电路导线	BVR	1 mm ² 红色	
		按钮线	BVR	0.75 mm ² 白色	
		控制板		500 mm × 650 mm	1

5. 设计板前线槽布置图

如图 1-2 所示。

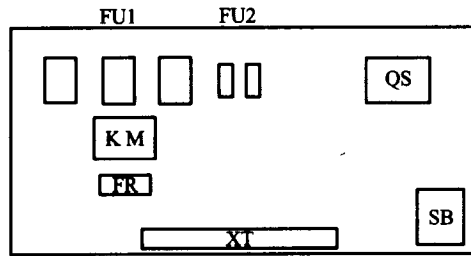


图 1-2 接触器自锁正转控制线路板前线槽布置图

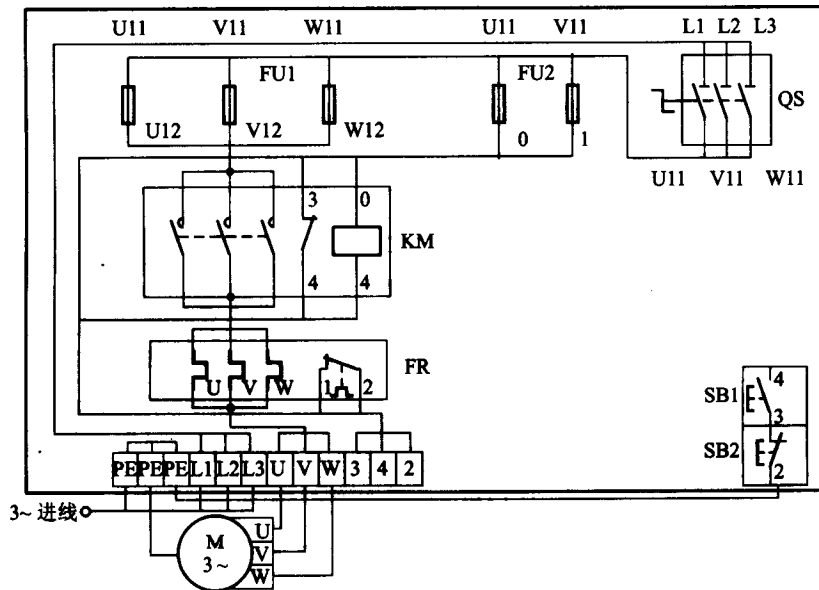


图 1-3 接触器自锁正转控制线路安装接线图

6. 设计线路安装接线图

如图 1-3 所示。

7. 线路安装工艺

参照第一部分安装步骤及基础知识。注意事项如下：

热继电器整定电流应调整在电动机额定电流 8.8A。

检查热继电器动断触点，其应在闭合状态。

在不通电源情况下，用万用表检测线路连线可靠性，防止出现线头接触不良现象。

单股铜芯线布线时，接点处露铜不能过长，触点垫片不能压绝缘皮，接点避免松动。

8. 线路安装考核评分标准

如表 1-3 所示。

表 1-3 线路安装考核评分标准

项目内容	配分	评分标准	扣分
装前检查	5	电器元件漏检或错检	每处扣 1 分
安装元件	15	(1) 不按布置图安装 (2) 元件安装不坚固 (3) 元件安装不整齐、不匀称、不合理 (4) 损坏元件	扣 15 分 每只扣 4 分 每只扣 3 分 扣 15 分
布线	60	(1) 不按线路图接线 (2) 布线不符合要求 主线路 控制线路 (3) 接点不符合要求 (4) 损伤导线绝缘或线芯 (5) 编码套管套装不正确	每处扣 10 分 每根扣 5 分 每根扣 2 分 每个接点扣 1 分 每根扣 5 分 每处扣 1 分
通电试车	20	(1) 第一次试车不成功 (2) 第二次试车不成功 (3) 第三次试车不成功	扣 5 分 扣 10 分 扣 20 分
安全文明生产		违反安全文明生产规程	扣 5~20 分
定额时间 1.5 h		按每超时 5 min 扣 5 分	
备注		除定额时间外,各项目的最高扣分不应超过所分配的分数	成绩
开始时间		结束时间	实际时间

三、按钮、接触器双重联锁正 / 反转控制线路

1. 控制线路及特点

按钮、接触器双重联锁正 / 反转控制线路其特点是线路中接触器联锁功能提高了线路的安全性，按钮联锁功能使线路操作更方便。按钮、接触器双重联锁正 / 反转控制线路图如图 1-4 所示。

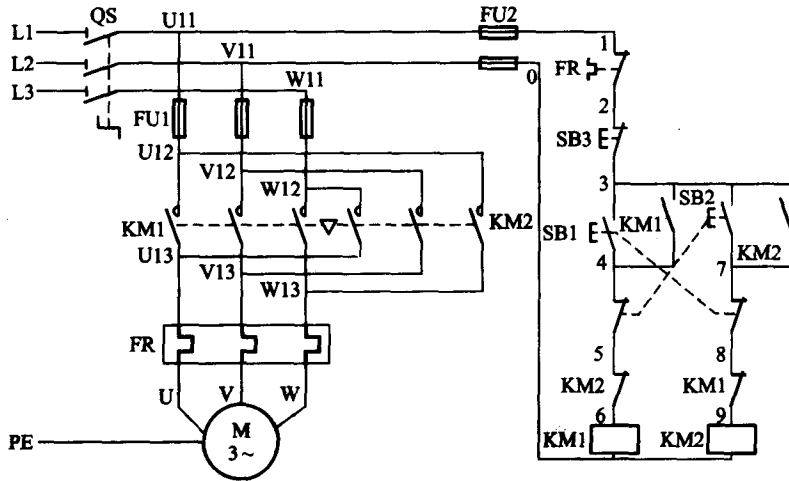


图 1-4 按钮、接触器双重联锁正 / 反转控制线路

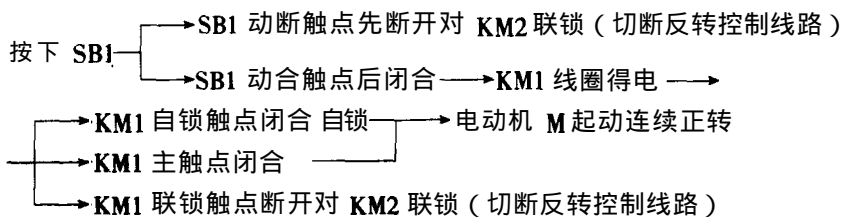
2. 电器元件作用
如表 1-4 所示。

表 1-4 电器元件作用表

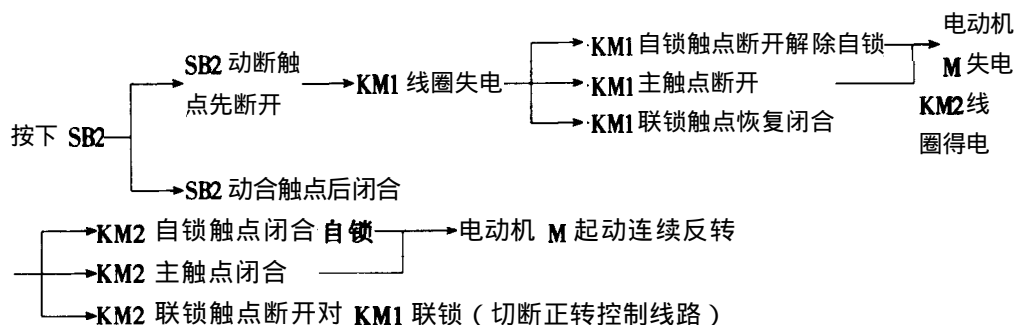
序号	元件名称	符号	元件作用
1	组合开关	QS	线路电源控制
2	熔断器	FU1	主线路短路保护
3	熔断器	FU2	控制线路短路保护
4	接触器	KM1	电动机正转运行电源控制
5	接触器	KM2	电动机反转运行电源控制
6	按钮	SB1	电动机正转运行起动按钮
7	按钮	SB2	电动机反转运行起动按钮
8	按钮	SB3	电动机停止按钮
9	热继电器	FR	电动机过载保护

3. 线路控制过程分析

(1) 正转控制



(2) 反转控制



(3) 停止

若要停止,按下 SB3,整个控制线路失电,主触点断开,电动机 M 失电停转。

4. 配料

线路安装布线时,首先按照线路安装元件材料单(如表 1-5 所示)配齐所需元件材料。

表 1-5 线路安装元件材料单

序号	名称	文字符号	型号	规格	数量
1	三相异步电动机	M	Y-112M-4	4只,380V、 Δ 联结、8.8A、1440r/min	1
2	组合开关	QS	HZ10-25/3	三极、25A	1
3	熔断器	FU1	RL1-60/25	500V、60A,配熔体 25A	3
4	熔断器	FU2	RL1-15/2	500V、15A,配熔体 2A	2
5	交流接触器	KM1 KM2	CJ10-20	20A、线圈电压 380V	2
6	热继电器	FR	JR16-20/3	三极、20A,整定电流 8.8A	1
7	按钮	SB1、SB3、SB5	LA10-3H	保护式 500V、5A、按钮数 3	1
8	端子板	XT	JX2-1015	500V、10A、15节	1
序号	线路安装类型	材料名称	型号	规格	数量
9	板前明线布线	主电路导线	BVL	2.5 mm ² 黑色	若干
		控制电路导线	BV	1.5 mm ² 红色	
		按钮线	BVR	1.7 mm ² 白色	
		控制板		500 mm × 650 mm	1
10	板前线槽布线	走线槽		18 mm × 25 mm	若干
		主电路导线	BVR	1.5 mm ² 黑色	
		控制电路导线	BVR	1 mm ² 红色	
		按钮线	BVR	0.75 mm ² 白色	1
		控制板		500 mm × 650 mm	

5. 设计板前线槽布置图

如图 1-5 所示。

6. 设计线路安装接线图

如图 1-6 所示。

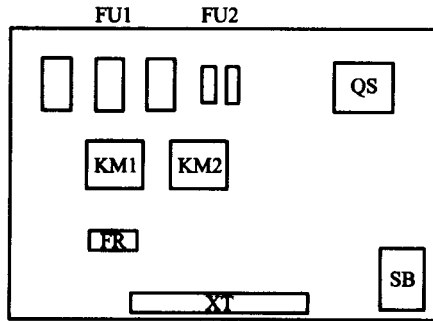


图 1-5 按钮、接触器双重联锁正/反转控制线路板前槽布置图

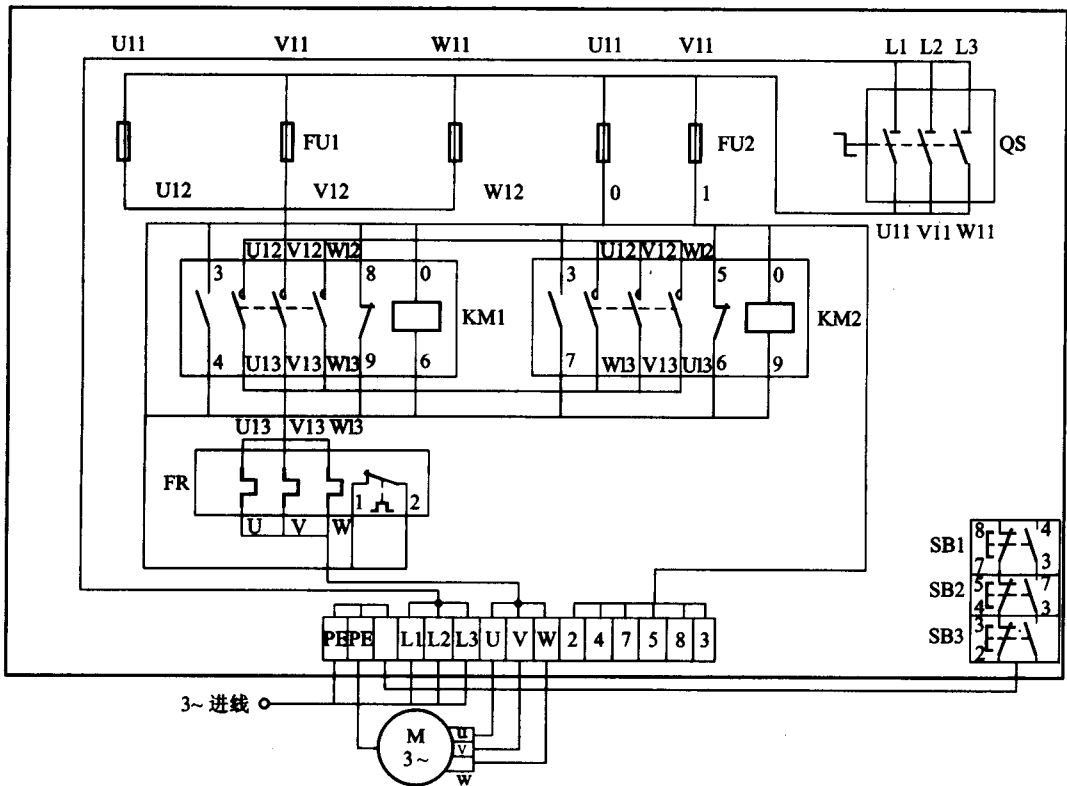


图 1-6 按钮、接触器双重联锁正/反转控制线路安装接线图

7. 线路安装工艺

参照第一部分安装步骤及基础知识。注意事项如下：

接触器主触点之间接线要正确。

起动按钮与相应接触器的自锁触点并联接线要正确，否则会发生点动现象。

不通电情况下按下起动按钮，用万用表检测控制线路部分接通情况是否正常。

8. 线路安装考核评分标准

按钮、接触器双重联锁正 / 反转控制线路考核评分标准如表 1-6 所示。

表 1-6 线路安装考核评分标准

项目内容	配分	评分标准	扣分
装前检查	5	电器元件漏检或错检	每处扣 1 分
安装元件	15	(1) 不按布置图安装 (2) 元件安装不坚固 (3) 元件安装不整齐、不匀称、不合理 (4) 损坏元件	扣 15 分 每只扣 4 分 每只扣 3 分 扣 15 分
布线	60	(1) 不按线路图接线 (2) 布线不符合要求 主线路 控制线路 (3) 接点不符合要求 (4) 损伤导线绝缘或线芯 (5) 编码套管套装不正确	每处扣 10 分 每根扣 5 分 每根扣 2 分 每个接点扣 1 分 每根扣 5 分 每处扣 1 分
通电试车	20	(1) 第一次试车不成功 (2) 第二次试车不成功 (3) 第三次试车不成功	扣 5 分 扣 10 分 扣 20 分
安全文明生产	违反安全文明生产规程		扣 5 ~ 40 分
定额时间 1.5 h	每超时 5 min 扣 5 分		
备注	除定额时间外,各项目的最高扣分不应超过所分配的分数		成绩
开始时间		结束时间	实际时间

四、自动往返控制

有些生产机械要求工作台在一定的行程内能自动往返运动,以便实现对工件的连续加工,提高生产效率。这就需要电气控制线路中有位置控制功能。利用生产机械运动部件上的挡铁与位置开关碰撞,使其触点动作来实现电动机自动转换正 / 反转的控制称为自动往返控制。

1. 控制线路

由位置开关控制的工作台自动往返控制线路如图 1-7 所示。

2. 电器元件作用

如表 1-7 所示。

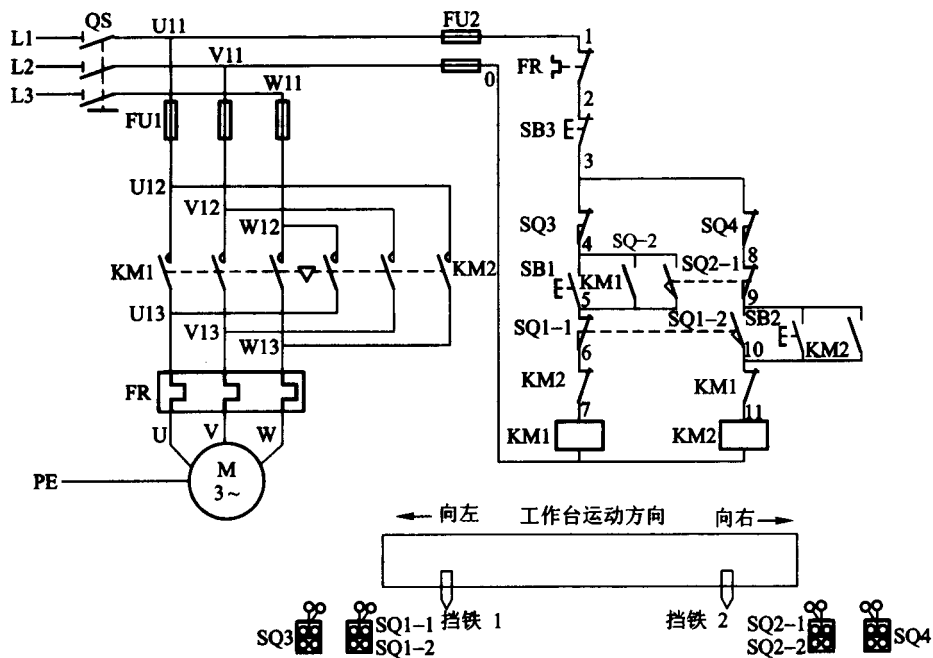


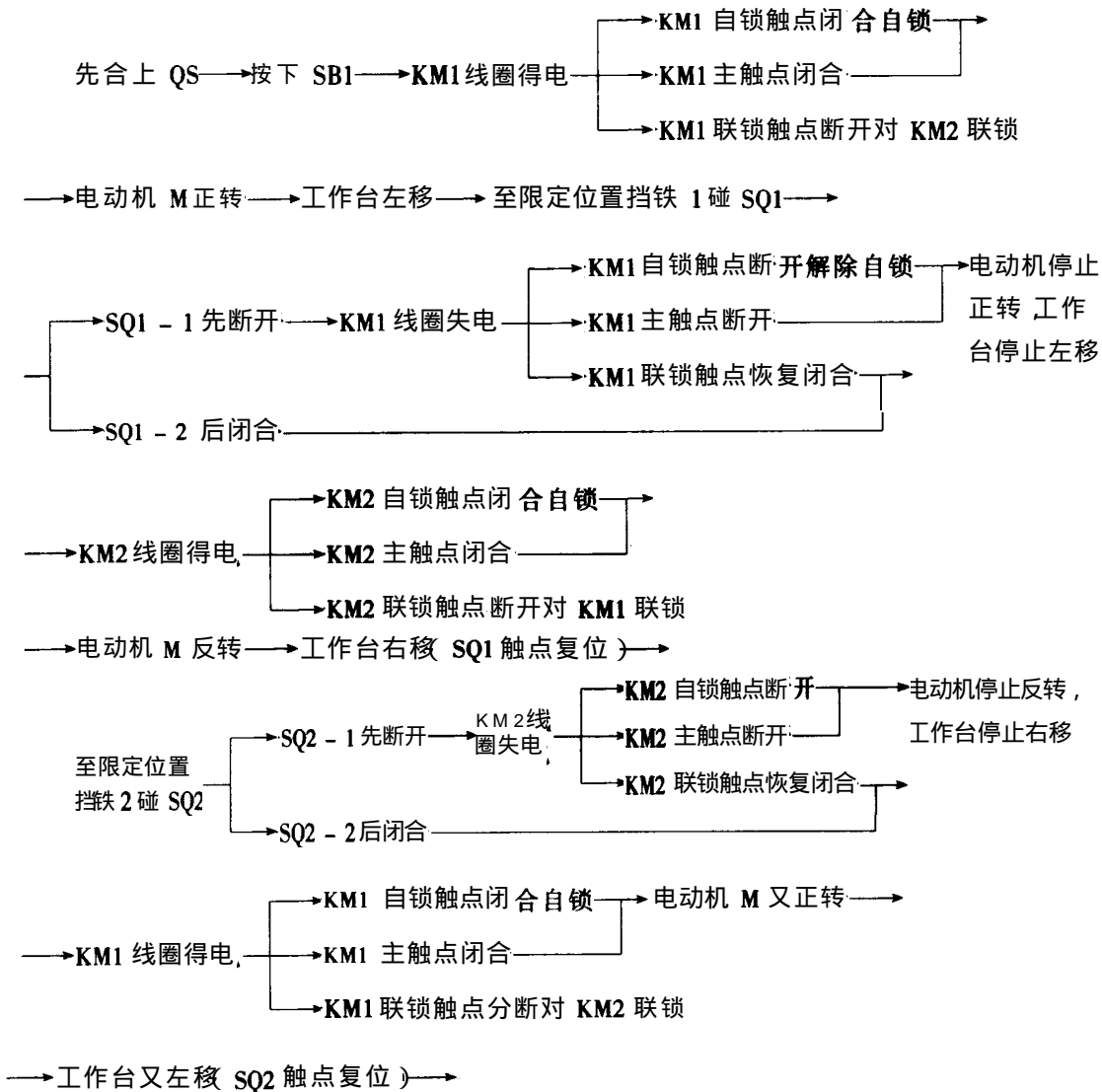
图 1-7 工作台自动往返控制线路

表 1-7 电器元件作用表

序号	元件名称	文字符号	元件作用
1	三相异步电动机	M	拖动工作台往返运动
2	接触器	KM1	电动机正转控制,控制线路自锁、联锁、欠压、失压保护
		KM2	电动机反转控制
3	按钮	SB1	电动机正转起动控制
		SB2	电动机反转起动控制
		SB3	电动机停止控制
4	位置开关	SQ1	工作台向右变向运动控制
		SQ2	工作台向左变向运动控制
		SQ3	工作台左端限位保护
		SQ4	工作台右端限位保护
5	熔断器	FU1	主线路短路保护
		FU2	控制线路短路保护
6	热继电器	FR	电动机过载及三相电流不平衡保护
7	组合开关	QS	线路总控制

3. 线路控制过程分析

(1) 运行



以后重复上述过程，工作台就在限定的行程内自动往返运动。

(2) 停止时

按下 SB3 → 整个控制线路失电 → KM1 或 KM2 主触点断开 → 电动机 M 失电停转 → 工作台停止运动。

这里 SB1、SB2 分别作为正转起动按钮和反转起动按钮，若起动时工作台在左端，则应按下 SB2 进行起动。

4. 配料

线路安装时 首先按照线路安装元件材料单(表 1-8)配齐所需元件材料。

表 1-8 线路安装元件材料单

序号	名称	文字符号	型号	规格	数量
1	三相异步电动机	M	Y112M-4	4kW、380V、8.8A、△联结、1440r/min	1
2	组合开关	QS	HZ10-25/3	三极、25A、380V	1
3	熔断器	FU1	RL1-60/25	60A、配熔体 25A	3
4	熔断器	FU2	RL1-15/2	15A、配熔体 2A	2
5	接触器	KM1、KM2	CJ10-20	20A、线圈电压 380V	2
6	热继电器	FR	JR16-20/3	三级、20A、整定电流 8.8A	1
7	位置开关	SQ1~SQ4	JLXK1-111	单轮旋转式	4
8	按钮	SB1~SB3	LA10-3H	保护式、按钮数 3	1
9	端子板	XT	JD0-1020	380V、10A、20节	1
序号	线路安装类型	材料名称	型号	规格	数量
10	板前明线配线	主电路导线	BVL	2.5mm ² 黑色	若干
		控制电路导线	BV	1.5mm ² 红色	
		按钮线	BVR	1.7mm ² 白色	
		控制板	—	500mm × 650mm	1
11	板前线槽配线	走线槽	—	18mm × 25mm	若干
		主电路导线	BVR	1.5mm ² 黑色	
		控制电路导线	BVR	1mm ² 红色	
		按钮线	BVR	0.75mm ² 白色	
		控制板	—	500mm × 650mm	1

5. 设计线路板前线槽布置图

如图 1-8 所示。

6. 设计线路安装接线图

如图 1-9 所示。

7. 线路安装工艺

参照第一部分安装步骤及基础知识。注意事项如下：

位置开关可以先安装好，不占定额时间。位置开关必须牢固安装在合适的位置上。安装后，必须用手动工作台或受控机械进行试验，合格后才能使用。训练中若无条件进行实际机械安

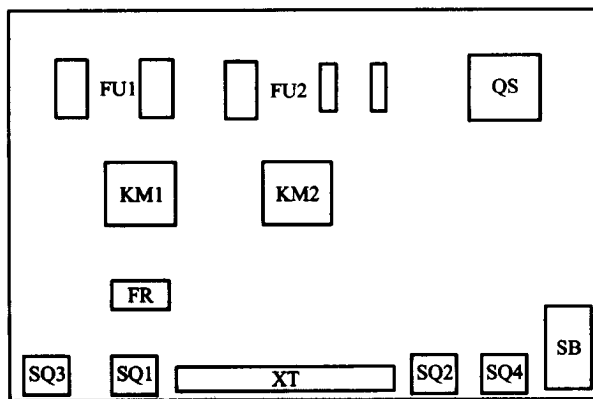


图 1-8 工作台自动往返控制板前线槽布置图

装试验时，可将位置开关安装在控制板下方两侧，进行手控模拟试验。

通电检验时，必须先手动位置开关，试验各行程控制和终端保护动作是否正常可靠。若在电动机正转（工作台向左运动）时，扳动位置开关 SQ1 电动机不反转且继续正转，则可能是由 KM2 的主触点接线不正确引起，需断电进行纠正后再试，以防止发生设备事故。

走线槽安装后可不必拆卸，以供后面课题训练时使用。安装线槽的时间不计入定额时间内。

安装训练应在规定定额时间内完成。同时要做到安全操作和文明生产。

8. 线路安装考核评分标准

如表 1-9 所示。

表 1-9 线路安装考核评分标准

项目内容	配分	评分标准	扣分
安装元件	15	(1) 元件布置不整齐、不匀称、不合理 (2) 元件安装不坚固 (3) 安装元件时漏装木螺钉 (4) 走线槽安装不符合要求 (5) 损坏元件	每只扣 3 分 每只扣 4 分 每只扣 1 分 每处扣 2 分 每只扣 15 分
布线		(1) 不按线路图接线 (2) 布线不符合要求： 主线路 控制线路 (3) 接点松动、露铜过长、压绝缘层、反圈等 (4) 损伤导线绝缘或线芯 (5) 漏套或错套编码套管 (6) 漏接接地线	扣 25 分 每根扣 4 分 每根扣 2 分 每个接点扣 1 分 每根扣 5 分 每处扣 2 分 扣 10 分

续表

项目内容	配分	评分标准	扣分
通电试车	40	(1) 热继电器未整定或整定错 (2) 熔体规格配错 (3) 第一次试车不成功 第二次试车不成功 第三次试车不成功	扣 5 分 主、控线路各扣 5 分 扣 20 分 扣 30 分 扣 40 分
安全文明生产		违反安全、文明生产规程	扣 5 ~ 40 分
定额时间 3.5h		每超时 5min 扣 5 分	
备注		除定额时间外,各项目的最高扣分不应超过所分配的分数	成绩
开始时间		结束时间	实际时间

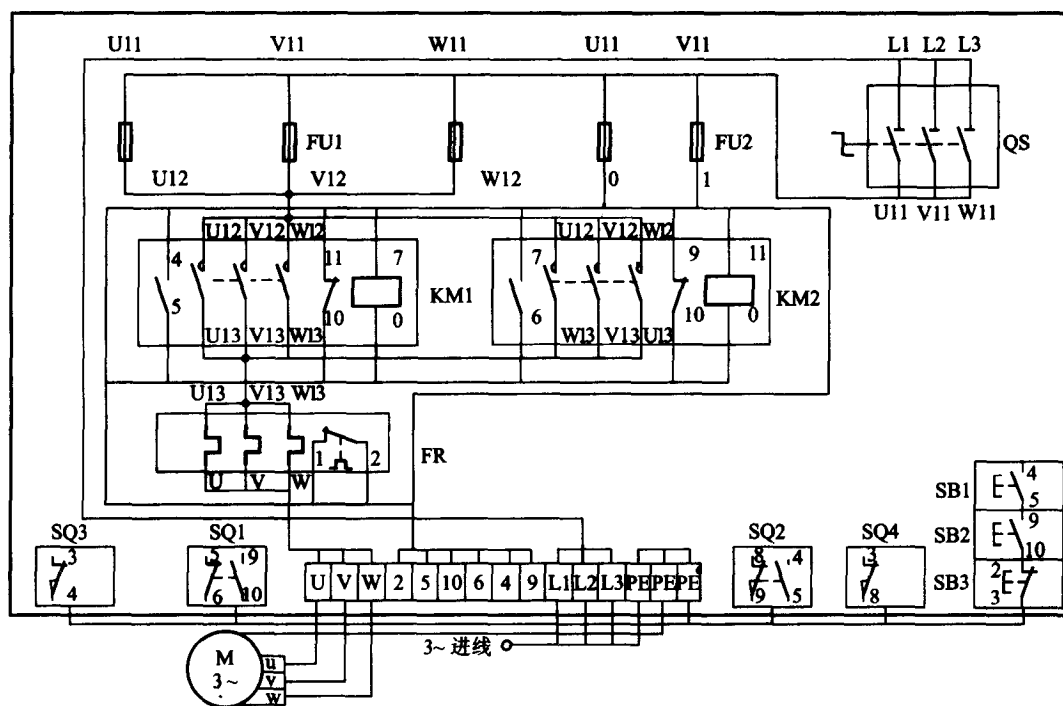


图 1-9 工作台自动往返线路安装接线图

五、顺序控制线路

有一些生产机械装有几台电动机，它们的作用不同，且需按一定的顺序先后进行起动或停止，协调工作，保证操作过程的合理和工作的安全可靠。如铣床的主轴电动机先起动，然后进给电动机才能起动。又如 M7120 型平面磨床的冷却泵电动机，要求当砂轮电动机起动后才能起动。像这种要求几台电动机的起动或停止必须按一定的先后顺序来完成的控制方式，称为电动机的顺序控制。

1. 顺序控制

顺序控制电路分主电路顺序控制和控制电路顺序控制两种。

(1) 主电路顺序控制线路

主电路顺序控制线路电路图如图 1-10 所示。

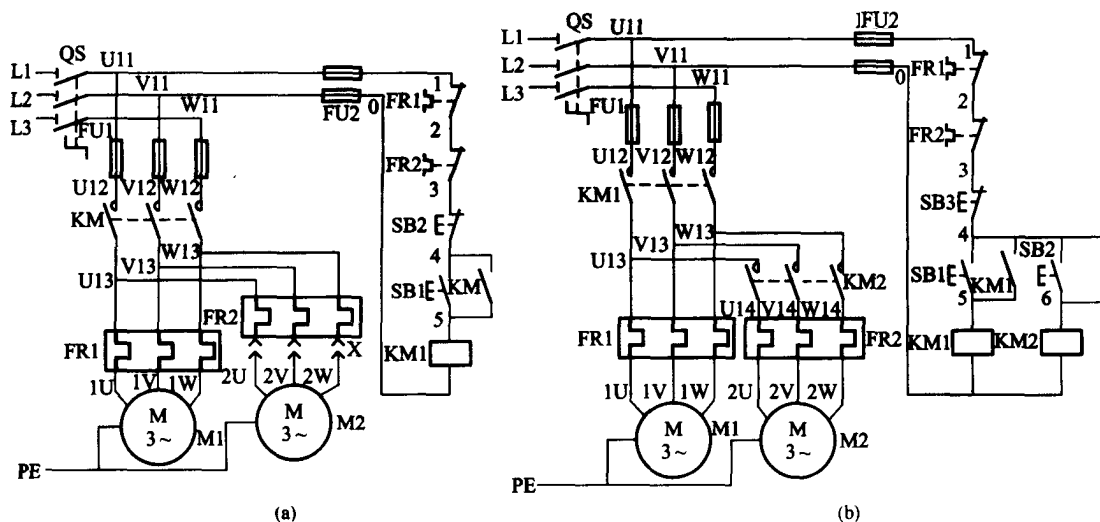


图 1-10 主线路顺序控制线路

图 1-10(a) 线路中电器元件作用如表 1-10 所示。

表 1-10 图 1-10(a) 所示线路中电器元件作用表

序号	元件名称	文字符号	元件作用
1	三相异步电动机	M1	主电动机
		M2	被控电动机
2	接触器	KM	电动机线路通、断控制和自锁控制, 欠压、失压保护
3	按钮	SB1	电动机 M1 单向运转起动控制
		SB2	电动机 M1 停止控制
4	熔断器	FU1	主线路短路保护
		FU2	控制线路短路保护
5	热继电器	FR1	电动机 M1 过载和三相电流不平衡保护
		FR2	电动机 M2 过载和三相电流不平衡保护
6	组合开关	QS	线路总控制
7	插件	XT	电动机 M2 线路的通、断控制

图 1-10(a) 所示线路控制过程分析。在控制线路中, 电动机 M2 是通过接插件 XT 接在接触器 KM 主触点的下面, 因此, 只有当 KM 主触点闭合电动机 M1 起动运转后, 电动机 M2 才可能接通电源运转。M7120 型平面磨床的砂轮电动机和冷却泵电动机就是采用的这种顺序控制线路。

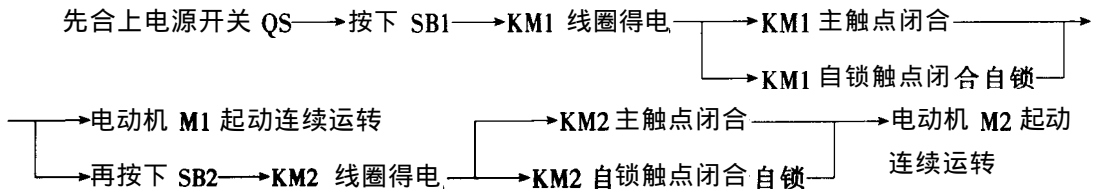
路

图 1-10(b)所示线路电器元件作用如表 1-11 所示。

表 1-11 图 1-10(b)所示线路中电器元件作用表

序号	元件名称	文字符号	元 件 作 用
1	三相异步电动机	M1	主电动机
		M2	被控电动机
2	接触器	KM1	M1 电动机线路通、断和自锁控制,线路欠压、失压保护
		KM2	M2 电动机线路通、断和自锁控制,线路欠压、失压保护
3	按钮	SB1	M1 电动机起动控制
		SB2	M2 电动机起动控制
		SB3	M1、M2 电动机停止控制
4	熔断器	FU1	主线路短路保护
		FU2	控制线路短路保护
5	热继电器	FR1	M1 电动机过载和三相电流不平衡保护
		FR2	M2 电动机过载和三相电流不平衡保护
6	组合开关	QS	线路总控制

图 1-10(b)所示线路控制过程分析。在线路中,电动机 M1 和 M2 分别通过接触器 KM1 和 KM2 来控制 接触器 KM2 的主触点接在接触器 KM1 触点的下面 这样就保证了当 KM1 主触点闭合、电动机 M1 起动运转后 ,M2 才可能接通电源运转。



M1、M2 同时停转：

按下 SB3 → 控制线路失电 → KM1、KM2 主触点断开 → 电动机 M1、M2 同时停转

(2) 控制电路顺序控制

几种由控制线路实现电动机顺序控制的线路如图 1-11 所示。

图 1-11 所示几种控制线路的控制特点。

图 1-11(a)所示控制线路的特点是：电动机 M2 的控制线路先与接触器 KM1 的线圈并接后再与 KM1 的自锁触点串接，这样就保证了 M1 起动后 ,M2 才能起动的顺序控制要求。

图 1-11(b)所示控制线路的特点是：在电动机 M2 的控制线路中串接了接触器 KM1 的动合辅助触点。显然，只要 M1 不启动，即使按下 SB21，由于 KM1 的动合辅助触点未闭合，KM2 线圈也不能得电，从而保证了 M1 启动后 ,M2 才能起动的控制要求。线路中停止按钮 SB12 控制两台电动机同时停止 SB22 控制 M2 的单独停止。

图 1-11(c)所示控制线路是在图 1-11(b)所示线路中的 SB12 的两端并接了接触器 KM2 的

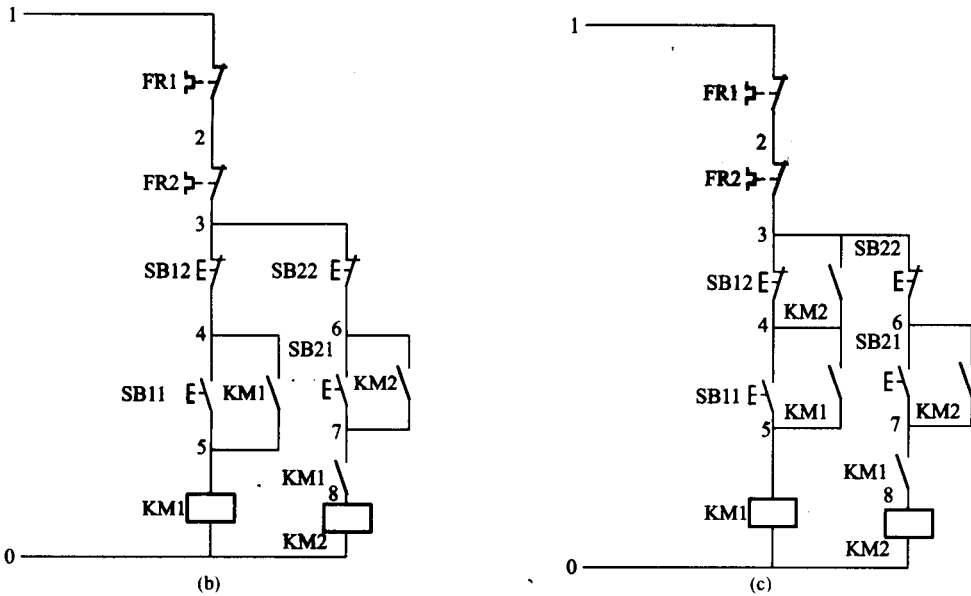
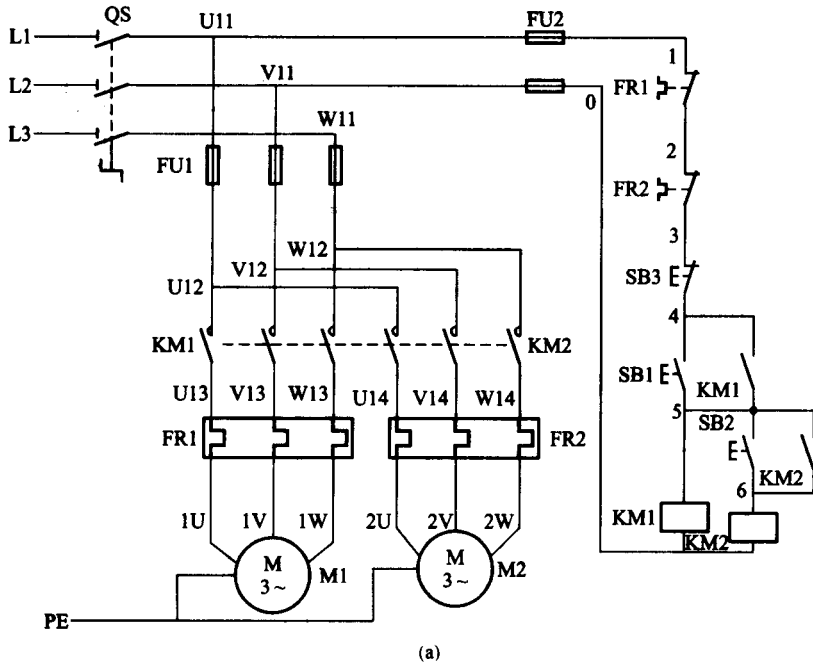


图 1-11 控制线路实现电动机顺序控制的线路图

动合辅助触点 从而实现了 M1 起动后 M2 才能起动、M2 停止后 M1 才能停止的控制要求，即 M1、M2 是顺序起动，逆序停止。下面以一个具体实例进行分析。

例题 图 1-12 所示是两条传送带运输机的示意图。对于这两条传送带运输机的电气要求是：