



维修电工职业技能培训丛书

电气控制与实训

刘玉章 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

维修电工职业技能培训丛书

电气控制与实训

刘玉章 主 编
朱志良 杨会军 副主编

高等教育出版社

内容提要

本教材是根据国家职业技能鉴定规范(维修电工中级)编写的职业技能培训教材。内容包括:交流电动机的控制、直流电动机的控制、常用生产机械原理及电气故障检修、可编程控制器及变频器简介。在编写过程中,既注重理论考核要求,又突出技能考核要求。

本书可作为培训部门、各级职业技能鉴定机构、再就业培训中心的有关岗位培训教材,也可作为各类职业院校、中专、技工学校、短期培训班的培训教材,还可作为相关行业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与实训/刘玉章主编. —北京:高等教育出版社,2005.12

ISBN 7-04-018027-8

I. 电... II. 刘... III. 电气控制-技术培训-教材 IV. TM571.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 138754 号

策划编辑 李宇峰 责任编辑 许海平 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 胡志萍 责任校对 殷然 责任印制 孔源

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市卫顺印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 10.25
字 数 250 000
插 页 1

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2005 年 12 月第 1 版
印 次 2005 年 12 月第 1 次印刷
定 价 16.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18027-80

○出版说明

为了适应当前经济社会的发展和科学技术的进步,配合最新颁布的维修电工及相关行业国家职业标准与职业技能鉴定规范,高等教育出版社组织有关中等职业学校专家及行业企业工程技术人员对维修电工国家职业标准及职业技能鉴定规范进行了认真的研究与再认识,并进行了广泛的调研。在此基础上,组织编写维修电工职业技能培训丛书。

本次推出的有:《实用电工手册》、《实用电工问答》、《电工常识》、《电气安全》、《电工材料》、《电气照明》、《实用电气线路》、《电气控制与实训》、《电子技术技能训练》、《安装电工实用技术》、《建筑电工实用技术》、《维修电工技能训练》、《电工考级指南》、《维修电工考级指南》、《维修电工技能鉴定考核题库》等。

维修电工职业技能培训丛书在编写中体现以下特点:

- 贴近岗位。本系列丛书以企业需求为基本依据,加强实践性教学环节,以满足企业的岗位需求作为课程开发的出发点,紧扣国家最新颁布的相关行业岗位的国家职业标准和职业技能鉴定规范,使丛书内容与岗位相衔接。特别注意吸收近年来国内外的最新科技成果,充分体现时代性,努力培养企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者。

- 突出技能。本系列教材立足于实际运用,突出“以就业为导向”、“以能力为本位”的思想,精选从行业岗位提炼出来的案例进行分析训练,并结合行业需要,设计多个综合训练,以培养学生的实践能力和操作技能,适应行业技术发展。

- 理论联系实际。本系列教材力图使教学内容与企业生产现状相符,理论联系实际,讲练结合,学以致用,有利于学习者主动参与到教学活动中,提高学习主动性和操作技能,提高解决实际问题的能力。同时注意深入浅出,图文并茂,加大了实物图和工作流程图比例。

- 适用范围广。本书可作为培训部门、各级职业技能鉴定机构、再就业培训中心的有关岗位培训教材,也可作为各类职业院校、中专、技工学校、短期培训班的培训教材,还可作为相关行业工程技术人员的实用手册。

维修电工职业技能培训丛书将于2006年春季陆续出版,不足之处,敬请广大读者批评指正。

高等教育出版社

2005年7月

○前言

本教材是根据国家职业技能鉴定规范(维修电工——中级)编写的职业技能培训教材。内容有交流电动机的控制,包括交流电动机的全压起动、降压起动、调速及制动;直流电动机的控制,包括直流电动机起动、调速及制动;常用生产机械原理及电气故障检修,包括 CA6140 型车床、Z37 型摇臂钻床、M7130 型平面磨床、X62W 型万能铣床、20/5t 交流桥式起重机、T610 型卧式镗床的电气故障及检修;可编程控制器,包括可编程控制器的特点、结构、原理、编程语言、常用指令及编程规则;变频器简介,包括变频器工作原理、分类、选择、安装、接线及调试。在编写过程中,既注重了理论知识,又突出了技能训练,适用于中等职业学校、技工学校维修电工专业和机电一体化专业教学,也可作为电气技术人员的培训教材。

本书由刘玉章任主编,朱志良、杨会军任副主编,其他编者有田伟、陈民峰、吴旭峰、杨树彬、吕增勇。

由于编写时间仓促,加之作者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请广大读者和同仁给予批评指正。

编 者

2005 年 11 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

○目 录

第一章 交流电动机的控制	1
第一节 交流电动机的全压起动控制	1
第二节 交流电动机的降压起动控制	22
第三节 交流电动机的调速控制	30
第四节 交流电动机的制动控制	39
习题一	47
第二章 直流电动机的控制	48
第一节 直流电动机起动控制	48
第二节 直流电动机正/反转控制	53
第三节 直流电动机的制动控制	58
第四节 直流电动机的调速控制	66
习题二	71
第三章 常用生产机械原理及电气故障检修	72
第一节 检修方法	72
第二节 CA6140 型车床及电气故障检修	73
第三节 Z37 型摇臂钻床及电气故障检修	78
第四节 M7130 型平面磨床及电气故障检修	84
第五节 X62W 型万能铣床及电气故障检修	91
第六节 20/5t 交流桥式起重机及电气故障检修	98
第七节 T610 型卧式镗床及电气故障检修	106
习题三	118
第四章 可编程控制器	120
第一节 可编程控制器的特点、结构及工作原理	120
第二节 PLC 的编程语言	121
第三节 FP1 系列 PLC 的常用指令	122
第四节 编程软件的使用	130

第五节 编程规则	138
第六节 程序设计训练	139
习题四	140
 第五章 变频器简介	 142
第一节 变频器工作原理	142
第二节 变频器分类	144
第三节 变频器选择	146
第四节 变频器的安装、接线与调试	147
习题五	156
 参考文献	 157
附图一 20/5t 桥式起重机电气控制线路图	
附图二 T610 卧式镗床电气控制线路图	

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 kV·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

- ① 应根据电动机容量选择主线路导线截面积。
- ② 控制线路一般采用截面 1.5 mm^2 的单股铜芯绝缘导线。
- ③ 按钮连线一般采用 0.75 mm^2 多股钢芯绝缘软线。
- ④ 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求

- ① 所有导线的截面积在等于或大于 0.5mm^2 时,必须采用软线。
- ② 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。
- ④ 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%。
- ⑤ 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

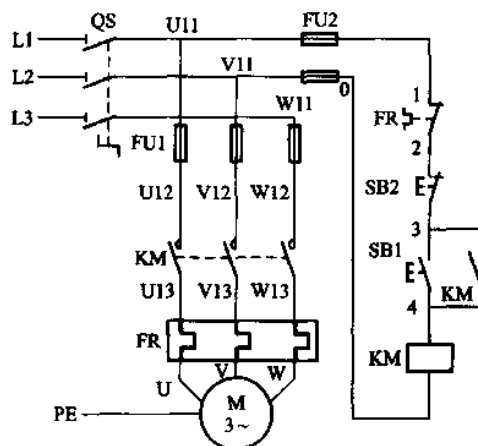


图 1-1 接触器自锁正转控制线路

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 → KM 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。

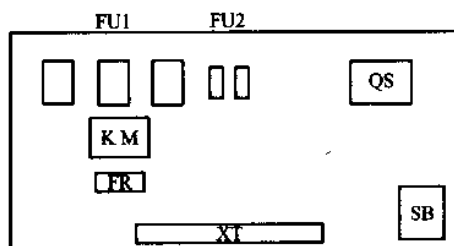


图 1-2 接触器自锁正转控制线路板前线槽布置图

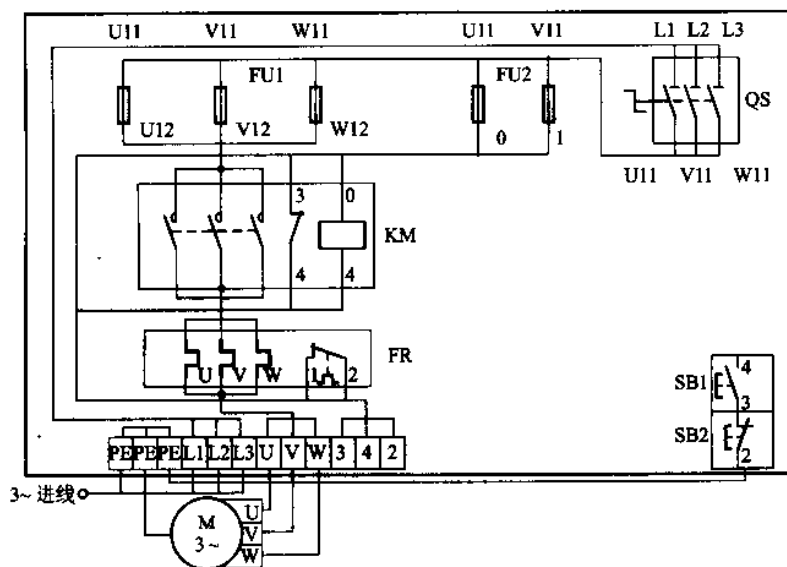


图 1-3 接触器自锁正转控制线路安装接线图

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：

- ① 热继电器整定电流应调整在电动机额定电流 8.8A。
- ② 检查热继电器动断触点, 其应在闭合状态。
- ③ 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。
- ④ 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, 各项的最高扣分不应超过所分配的分数		或 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。

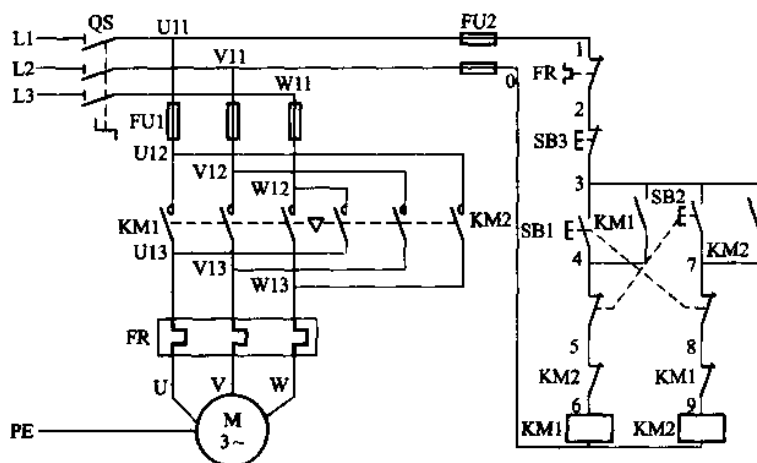


图 1-4 按钮、接触器双重联锁正/反转控制线路

2. 电器元件作用

如表 1-4 所示。

表 1-4 电器元件作用表

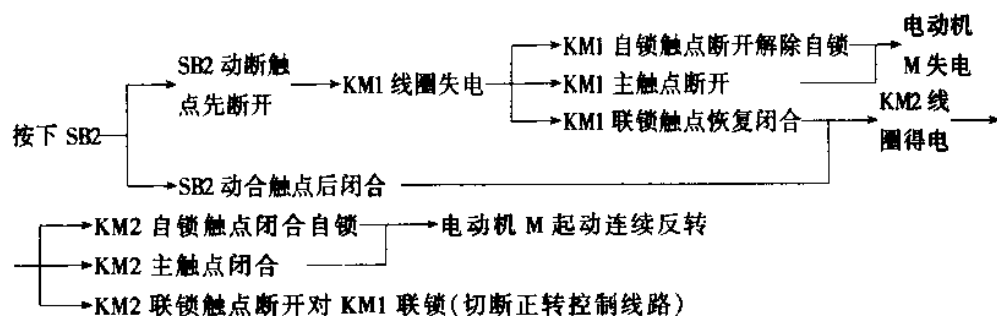
序号	元件名称	符号	元件作用
1	组合开关	QS	线路电源控制
2	熔断器	FU1	主线路短路保护
3	熔断器	FU2	控制线路短路保护
4	接触器	KM1	电动机正转运行电源控制
5	接触器	KM2	电动机反转运行电源控制
6	按钮	SB1	电动机正转运行起动按钮
7	按钮	SB2	电动机反转运行起动按钮
8	按钮	SB3	电动机停止按钮
9	热继电器	FR	电动机过载保护

3. 线路控制过程分析

(1) 正转控制

按下 SB1 → SB1 动断触点先断开对 KM2 联锁(切断反转控制线路)
 → SB1 动合触点后闭合 → KM1 线圈得电 →
 → KM1 自锁触点闭合自锁 → 电动机 M 起动连续正转
 → KM1 主触点闭合
 → KM1 联锁触点断开对 KM2 联锁(切断反转控制线路)

(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	2.5mm 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
10	板前线槽布线	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	1
		控制板		500mm×650mm	

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。

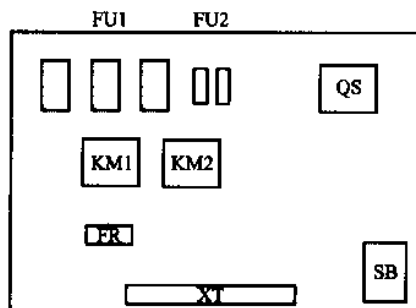


图 1-5 按钮、接触器双重联锁正/反转控制线路板前线槽布置图

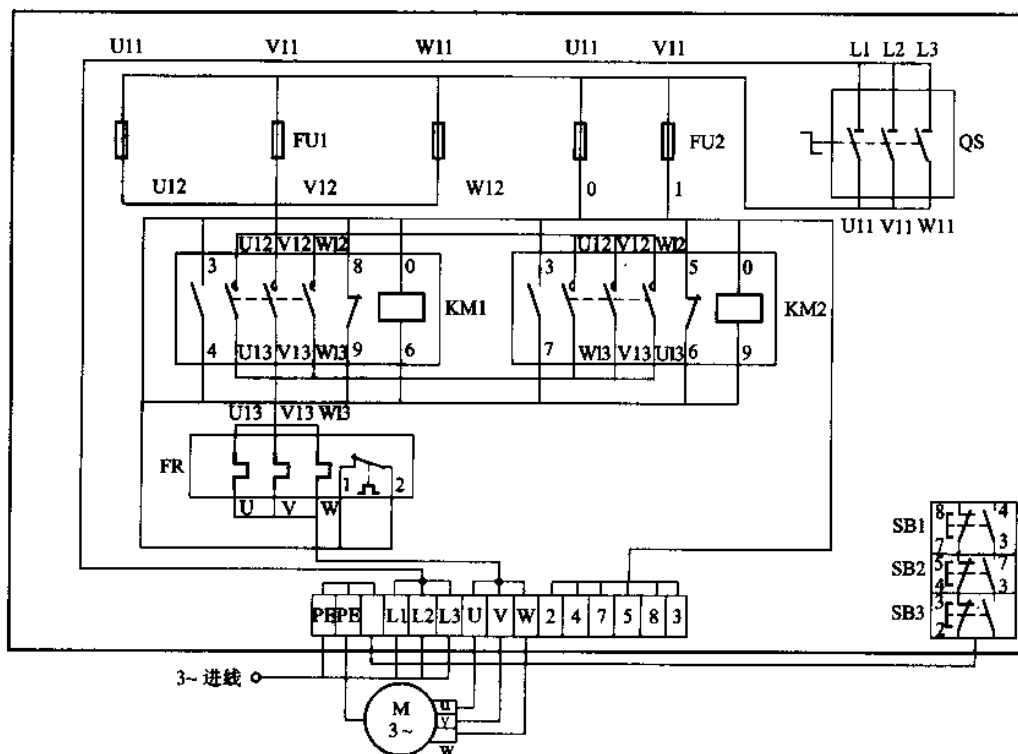


图 1-6 按钮、接触器双重联锁正/反转控制线路安装接线图

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：

- ① 接触器主触点之间接线要正确。
- ② 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。
- ③ 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 扣 15 分 (2) 元件安装不坚固 每只扣 4 分 (3) 元件安装不整齐、不均匀、不合理 每只扣 3 分 (4) 损坏元件 扣 15 分	
布线	60	(1) 不按线路图接线 每处扣 10 分 (2) 布线不符合要求 主线路 每根扣 5 分 控制线路 每根扣 2 分 (3) 接点不符合要求 每个接点扣 1 分 (4) 损伤导线绝缘或线芯 每根扣 5 分 (5) 编码套管套装不正确 每处扣 1 分	
通电试车	20	(1) 第一次试车不成功 扣 5 分 (2) 第二次试车不成功 扣 10 分 (3) 第三次试车不成功 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。