

高等职业教育机械系列精品教材



主 编 穆亚辉
副主编 王 晓 寇继磊
参 编 薄关锋 段运鑫 张军伟
主 审 张海涛

现代工业设备 电气控制技术

XIANDAI GONGYE SHEBEI
DIANQI KONGZHI JISHU



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书根据机电行业、企业及学生就业岗位的要求,设置了“基本控制电路”“现代工业设备的 PLC 控制”“现代工业设备的变频调速控制”“现代工业设备的组态与监控”“现代工业设备的运动控制”“现代工业设备网络与通信”以及“现代工业设备电气综合控制”共 7 个项目、15 个工作任务。本书将继电器控制技术、PLC 控制技术、运动控制技术、网络监控等技术融为一体,以企业和生活中真实项目为载体实现基于工作过程的项目化教学。

本书实用性较强,项目操作简单,可以作为职业院校机电一体化技术、电气自动化技术等专业的应用教材,也可以作为工程技术人员自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

策划编辑: 刘子嘉 责任编辑: 张海红 封面设计: 刘文东

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市龙大印装有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 16.75 插页 1

字 数: 346 千字

版 次: 2024 年 月第 1 版

印 次: 2024 年 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635- -

定 价: 53.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话: 400-615-1233



Preface 前言

随着第四次科技革命的到来,智能设备、智能工厂等智能制造正在引领制造方式的改变,中国的制造业已经成为世界制造业的新中心,而智能制造的发展离不开先进的电气控制技术。目前,以 PLC、变频调速和网络通信等技术为主体的新型电气控制系统已逐步取代了传统的继电器接触器电气控制系统。

“现代工业设备电气控制技术”是机电及自动化专业的一门紧贴企业生产、实践性较强的综合模块化课程。本书融合了电机与电气控制技术、PLC 控制技术、变频与伺服技术、触摸屏组态技术、工业网络技术等多方面技术,通过企业真实案例的学习,学生会安装并调试电路;会设置变频器与伺服驱动器的参数;会编写 PLC 程序。本书潜移默化地引入思政元素,使立德树人同向同行;注重培养学生遵守生产规范习惯,爱岗敬业、团结协作的职业素养;以爱国主义为核心,增强学生对国家的自豪感,对建设智能制造强国的使命感。

本书是高等职业教育立体化创新教材,遵循“知识以够用为度,项目以企业为主、竞赛为参考,以学生掌握为衡量标准”等原则重构了现代工业控制常用设备的相关知识,实现了课程内容与职业标准对接、教学过程与生产过程对接的要求;落实党的二十大报告中培养职业技能技术型人才、推进数字化教育的要求。

本书具有以下特点。

(1)项目选取遵循源于企业,服务企业,高于企业的设计原则。通过对工业设备典型工作任务和知识能力素质结构分析;对教学内容进行重构,将企业新技术、新工艺带入书中。

(2)内容丰富。可满足不同层次的学习者的需求,包括针对部分基础欠缺学员的基础性学习部分(电机基本控制、PLC 与变频器控制、触摸屏控制)以及面向进阶学员的扩展学习部分(运动控制与通信网络),形成可裁剪的新形态资源,可面向不同的学习者形成不同的教学和学习路径。

(3)采用了“项目+任务”的课程体系。从项目选择到任务设计再到课程授课,行业与企业专家全程参与,充分体现了校企共建、双向赋能。





(4)采用“纸质教材+在线课程”的线上线下教学模式。登录课程网站 <https://www.icourse163.org/course/XCITC-1207008812> 即可观看操作演示、微课或动画等数字资源,方便学生的学习。

本书由许昌职业技术学院穆亚辉任主编,王晓、寇继磊任副主编,全书共分7个项目,15个任务。其中项目一由许昌职业技术学院的段运鑫编写;项目二由许昌职业技术学院的王晓编写;项目三、四由许昌职业技术学院的穆亚辉编写;项目五由许昌职业技术学院的寇继磊编写;项目六由许昌职业技术学院的薄关锋编写;项目七由许昌中意电气科技有限公司的张军伟编写;本书由许昌中意电气科技有限公司的张海涛主审。在编写过程中,还得到了许昌烟草机械有限公司技术人员的大力支持,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编 者



Contents 目 录

项目一 基本控制电路 1

项目描述	1
项目目标	1
思政园地	1
任务一 三相异步电动机正反转控制电路的安装与调试	2
知识链接	2
一、正反转控制电路常用的低压电器	2
二、电动机正反转控制线路	12
任务实施	16
任务评价	19
思考与练习	20
任务二 三相异步电动机降压启动控制电路的安装与调试	21
知识链接	21
一、时间继电器	21
二、三相异步电动机的降压启动控制	24
任务实施	26
任务评价	29
思考与练习	30

项目二 现代工业设备的 PLC 控制 32

项目描述	32
项目目标	32
思政园地	32
任务一 音乐喷泉的 PLC 控制	33
知识链接	33
一、西门子 S7-1500PLC	33





二、TIA Portal 软件入门	41
三、西门子 S7-1500PLC 位逻辑指令	49
任务实施	54
任务评价	56
思考与练习	57
任务二 自动装箱生产线的 PLC 控制	57
知识链接	58
一、S7-1500PLC 的定时器指令	58
二、S7-1500PLC 的计数器指令	62
任务实施	66
任务评价	67
思考与练习	68
任务三 循环彩灯的 PLC 控制	69
知识链接	69
一、S7-1500PLC 的比较指令	69
二、S7-1500PLC 的移动指令	71
三、S7-1500PLC 的移位和循环移位指令	74
任务实施	77
任务评价	78
思考与练习	79

项目三 现代工业设备的变频调速控制 80

项目描述	80
项目目标	80
思政园地	80
任务一 工业离心机的变频控制	81
知识链接	81
一、G120 变频器概述	81
二、G120 变频器的数字量控制	89
任务实施	94
任务评价	97
思考与练习	98
任务二 智能立体车库升降电机的变频控制	98
知识链接	99
一、G120 变频器的模拟量给定	99
二、G120 变频器模拟量调速应用	104



任务实施	105
任务评价	108
思考与练习	109

项目四 现代工业设备的组态与监控 111

项目描述	111
项目目标	111
思政园地	111
任务一 交通信号灯的组态与监控	112
知识链接	112
一、人机界面	112
二、组态软件	114
三、HMI 基本操作	117
四、组态 HMI 画面	121
五、人机界面的仿真与运行	126
任务实施	129
任务评价	137
思考与练习	138
任务二 自动停车场的组态与监控	138
知识链接	139
一、基本对象的组态	139
二、触摸屏中的元素及其组态	142
任务实施	146
任务评价	152
思考与练习	154

项目五 现代工业设备的运动控制 155

项目描述	155
项目目标	155
思政园地	155
任务一 自动搅拌机的步进运动控制	156
知识链接	156
一、步进电动机	156





二、步进驱动器	159
三、步进电动机、步进驱动器与 PLC 之间的接线	161
四、运动控制的组态配置	162
五、西门子 S7-1500PLC 常用的运动控制指令	169
任务实施	173
任务评价	176
思考与练习	177
任务二 标签打印机的伺服运动控制	178
知识链接	179
一、伺服电动机	179
二、西门子 V90 伺服驱动系统	182
三、S7-1500PLC 连接 V90 伺服驱动器的运动控制	187
任务实施	195
任务评价	199
思考与练习	200

项目六 现代工业设备的网络与通信 202

项目描述	202
项目目标	202
思政园地	202
任务一 S7-1500PLC 与 S7-200SMART PLC 的通信	203
知识链接	203
一、工业以太网概述	203
二、S7-200SMART PLC 以太网通信	204
三、S7-1500PLC 与 S7-200SMART PLC 的通信设置	206
任务实施	216
任务评价	219
思考与练习	219
任务二 两台 S7-1500PLC 的 PROFINET IO 通信	220
知识链接	220
一、PROFINET IO 通信	220



二、两台 S7-1500PLC 通信设置	221
任务实施	224
任务评价	226
思考与练习	227
任务三 S7-1500PLC 与 G120 变频器的 PROFIBUS-DP	
通信	228
知识链接	228
一、PROFIdrive 报文	228
二、PROFIBUS-DP 通信介绍	230
三、G120 变频器与 S7-1500PLC 的 DP 通信设置	230
任务实施	234
任务评价	236
思考与练习	237

项目七 现代工业设备电气综合控制 238

项目描述	238
项目目标	238
思政园地	238
任务 饮料灌装生产线的自动控制	239
知识链接	241
一、S7-200SMART PLC 的子程序	241
二、S7-200SMART PLC 与 V90 伺服驱动器的速度	
控制	242
任务实施	247
任务评价	257
思考与练习	258

参考文献 260



项 目

基本控制电路



项目描述

目前大部分工业生产中使用的电气设备和生产机械都采用的是电动机拖动,电动机的控制是通过不同的控制方式来完成。生产工艺和控制要求不同,所采用的控制电路也就不同,但任何复杂电路都是由一些基本控制电路组成的。掌握基本控制电路之后,就能够在此基础上完成复杂电路的安装与调试了。



项目目标

- (1)掌握常用低压元器件的功能、基本结构和工作原理。
- (2)掌握电动机正反转控制线路的构成和工作原理。
- (3)掌握电动机降压启动控制线路的构成和工作原理。
- (4)能正确拆装常用低压元器件并能排除常见故障。
- (5)会安装与检修电动机正转、停止、反转控制线路。
- (6)培养学生自我约束和团队合作精神。



素养园地

自我保持与互相制约

自我保持就是当某个物体的状态发生瞬间的改变,改变之后无需施加外力,而物体本身却能够一直保持改变后的状态。在电气控制电路中,自锁是依靠接触器自身的辅助触点而使其线圈保持通电状态的现象。生活中,我们应时刻牢记法律这条准绳,无论在何时何地,都应严于律己,做一名遵纪守法的好公民,保持好这种“自锁”现象。

互相制约就是事物甲与事物乙自身的存在和变化以对方的存在和变化为条件。在电气控制电路中互锁主要是为保证电器安全运行而设置的。在生活、学习、工作中,我们应学会彼此合作,互相帮助。每个人都有各自的所长和所短,互相帮助,才能合作共赢。





任务一

三相异步电动机正反转控制电路的安装与调试

任务导入

在生产过程中,三相异步电动机除了连续运行外,也需要可逆运行,如主轴的伸缩、工作台的左右移动等。由三相异步电动机的工作原理可知,只要将电动机接在三相电源中的任意两根电线对调,即改变电源的相序,就可实现电动机的反转。电动机正反转控制的应用如图 1-1 所示。



图 1-1 电动机正反转控制的应用

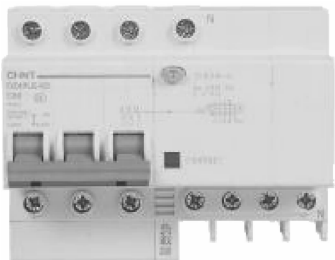
知识链接

一、正反转控制电路常用的低压电器

1. 低压断路器

1) 常见的低压断路器

低压断路器(也称自动开关)是一种不仅可以接通和分断正常负荷电流和过负荷电流,还可以接通和分断短路电流的开关电器。低压断路器在电路中除了起到控制作用外,还具有一定的保护功能,如过负荷、短路、欠压和漏电保护等。图 1-2 所示为常见的低压断路器。



(a) DZ47LE 系列



(b) DZ47 系列



(c) DZ5 系列

图 1-2 常见的低压断路器



图 1-2(a)所示为 DZ47LE 系列断路器,它是带剩余电流保护装置的低压电器。当电路发生漏电故障时,断路器会自动断开,面板上的蓝色按钮会自动弹起,当漏电故障解除后,方可重新送电。

图 1-2(b)所示为 DZ47 系列断路器,其上面端子为三相电源进线端接线端子,下面端子为三相电源出线端接线端子。

图 1-2(c)所示为 DZ5 系列断路器,它共有三对主触点。按下绿色的“合”按钮时电路接通,按下红色的“分”按钮时电路断开。当电路出现短路、过载等故障时,断路器会自动跳闸切断电路。

2) 低压断路器的结构

低压断路器的结构如图 1-3 所示,其主要由操作机构、触点系统、保护装置(各种脱扣器)、灭弧系统等组成。

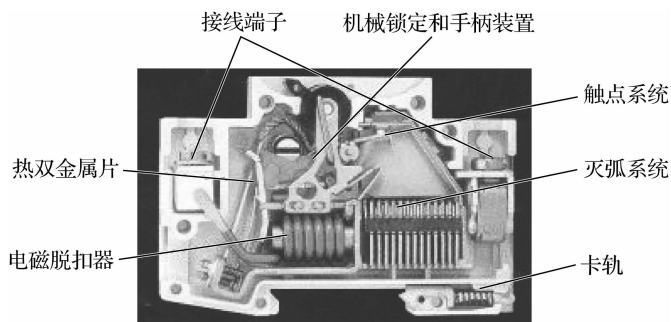


图 1-3 低压断路器的结构

3) 低压断路器的工作原理

低压断路器的工作原理如图 1-4 所示。使用时,断路器的三对主触点串联在被保护的三相电路中。当按下按钮时,外力使锁扣克服主弹簧的反作用力,将固定在锁扣上面的动触点和静触点闭合,且锁扣钩住搭钩使动、静触点保持闭合,开关处于接通状态。

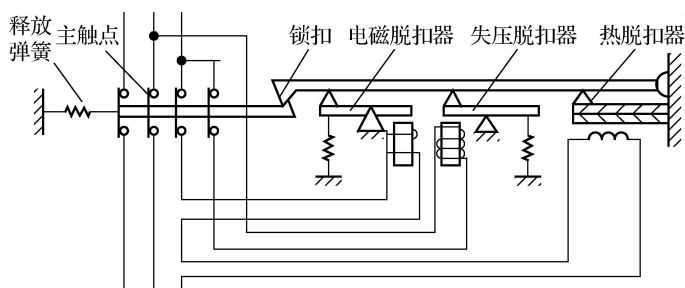


图 1-4 低压断路器的工作原理

当线路发生短路故障时,流过电磁脱扣器线圈的短路电流产生足够大的电磁力将衔铁吸合,从而向上撞击杠杆,推动搭钩与锁扣分开,动、静触点分离,将电源与负载分断,实现短路保护。

当线路发生过载时,过载电流流过热脱扣器的热元件产生热量,当热量达到一定程度时,使双金属片受热向上弯曲,通过杠杆推动搭钩与锁扣脱开,在主弹簧的作用力下,动、静触点分开,达到过载保护目的。





失压脱扣器的动作过程与电磁脱扣器相反。当线路电压正常时,欠电压脱扣器产生足够大的电磁力以克服弹簧拉力而使衔铁吸合,衔铁与杠杆分离,开关的主触点闭合。当线路电压消失或下降到一定程度时,由于电磁吸力消失或下降到不足以克服弹簧的拉力,衔铁被弹簧拉开,撞击杠杆,将搭钩顶开,主触点分断,达到失压保护的目。

4) 低压断路器型号的意义

常见的 DZ47 低压断路器型号意义如图 1-5 所示。

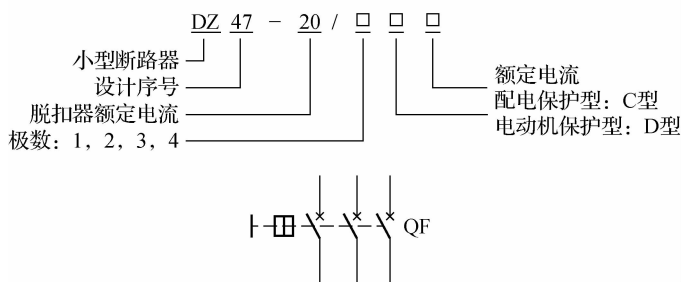


图 1-5 DZ47 低压断路器型号的意义

5) 低压断路器的识别、拆装检测与排故

(1) 低压断路器的识别。将所给低压断路器的铭牌用胶布盖住并编号,根据元器件实物写出元器件的名称与型号,填入表 1-1 中。

表 1-1 低压断路器的识别

序 号	名 称	型 号 规 格	单 位	数 量
1				
2				
3				
4				
5				
6				

(2) 低压断路器的拆装。拆卸和组装一只低压断路器,将其主要零部件名称和作用填入表 1-2 中。

表 1-2 低压断路器的拆装

零部件名称	零部件作用



(3) 低压断路器的检测。用万用表电阻挡测量低压断路器各对触点之间的接触电阻,用兆欧表测量每两相触点之间的绝缘电阻,将各相触点间的接触电阻、绝缘电阻测量值记入表 1-3 中。

表 1-3 低压开关的检测

型 号			极 数		
L1 相	L2 相	L3 相	L1 相	L2 相	L3 相
相间绝缘电阻					
L1—L2		L2—L3		L3—L1	

(4) 低压断路器的排除。低压断路器在工作时出现表 1-4 中所示的问题时,如何更快地排除故障,将处理方法填入表 1-4 中。

表 1-4 低压断路器的常见故障

故障现象	可能的原因	处理方法
手动控制断路器,触点不能闭合		
触点闭合后断相		
失电压脱扣器不能使断路器分段		
断路器闭合后,经一定时间自行分断		
辅助触点不通		

2. 接触器

接触器是一种自动的电磁式开关。触点的通断不是由手动来控制的,而是由电气控制的。它利用电磁力的吸合与反作用力弹簧的作用使触点闭合和断开,从而使电路通、断,可实现远距离的操作与自动控制。

根据所控制线路的不同,接触器可分为交流接触器和直流接触器两种,如图 1-6 所示。其中,直流接触器用于直流电路中,它与交流接触器相比具有噪声低、寿命长、冲击电流小等优点,其结构、工作原理与交流接触器大体相似。

1) 交流接触器的结构

交流接触器由电磁机构、触点系统、灭弧装置和其他部件组成,如图 1-7 所示。

(1) 电磁机构。电磁机构由吸引线圈、衔铁和铁心组成,其作用是将电磁能转换成机械能,产生电磁吸力带动触点动作。



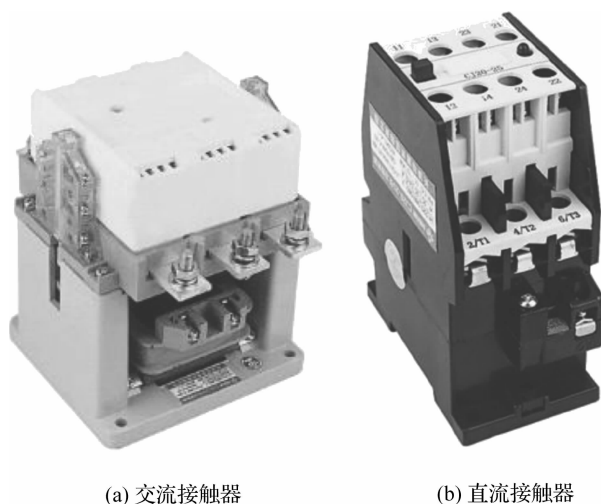


图 1-6 接触器

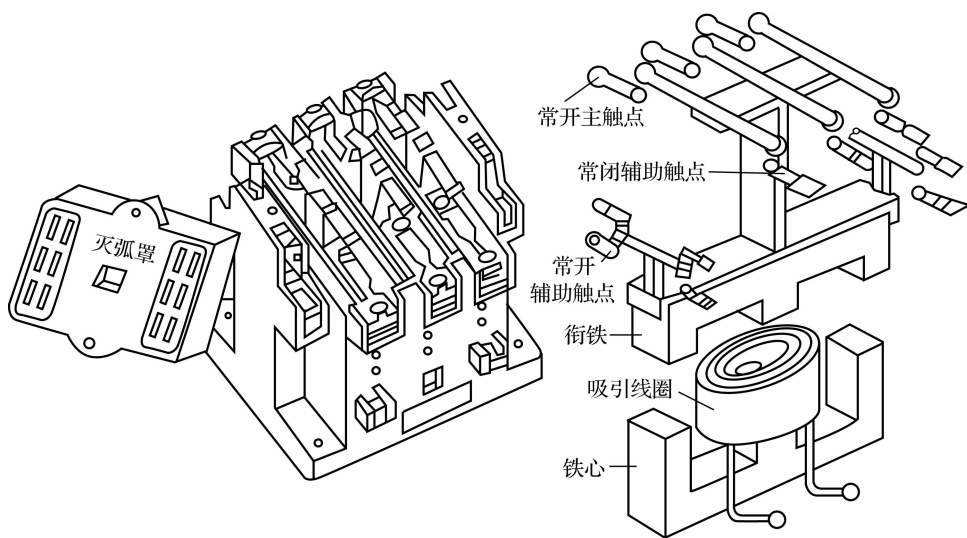


图 1-7 CJ10-20 型交流接触器

(2) 触点系统。触点系统包括主触点和辅助触点。主触点用于通断主电路,通常为三对常开触点。辅助触点用于控制电路,起电气联锁作用,故又称联锁触点,一般常开、常闭触点各两对。

(3) 灭弧装置。容量在 10 A 以上的接触器都有灭弧装置。对于小容量的接触器,常采用双断口触点灭弧、电动力灭弧、相间弧、板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。对于大容量的接触器,采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧。

(4) 其他部件。其他部件主要包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。



2) 交流接触器的工作原理

如图 1-8 所示,当交流接触器的线圈通电后,线圈电流产生的磁场将铁心磁化,使铁心产生足够的电磁吸力,克服反作用弹簧的作用力,将衔铁吸合,使三对常开主触点闭合,接通主电路,同时常闭辅助触点先断开,常开辅助触点再闭合。一旦接触器线圈失电,各触点恢复线圈未通电时的状态。

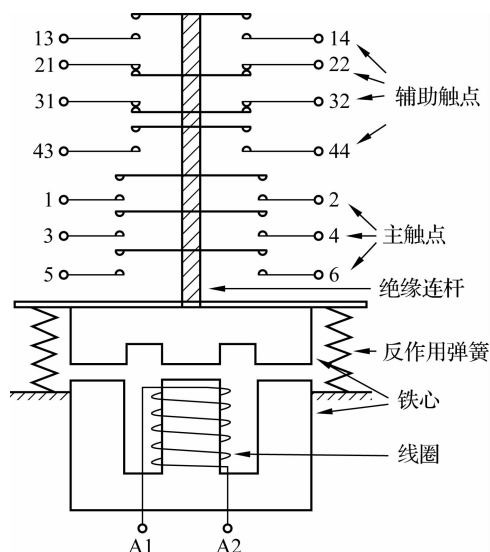


图 1-8 交流接触器的工作原理

交流接触器在电路图中的符号如图 1-9 所示。

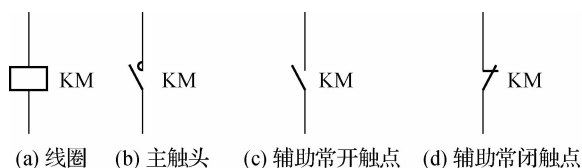


图 1-9 交流接触器在电路图中的符号

3) 交流接触器的选用

(1) 接触器的类型选择。根据接触器所控制的负载性质,选择直流接触器或交流接触器。如果控制系统中主要是交流负载,而直流负载容量较小时,也可用交流接触器控制直流负载,但触点的额定电流应选择大一些。

(2) 额定电压的选择。接触器的额定电压应大于或等于所控制线路的电压。

(3) 额定电流的选择。接触器的额定电流应大于或等于所控制线路的额定电流。

(4) 线圈电压的选择。当控制线路简单、使用电器元件少时,可直接选用 380 V 或 220 V 的电压,如线路较复杂、电器元件使用时间超过 5 小时,可选用 24 V、36 V 或 110 V 的电压。

4) 交流接触器的识别、拆装、检测与排故

(1) 交流接触器的识别。熟悉不同系列、规格交流接触器的外形、型号及主要技术参数的意义、结构、工作原理及主触点、辅助常开触点和线圈的接线柱等。





将所给的交流接触器的铭牌用布盖住并编号,根据元器件实物写出元器件的名称与型号,填入表 1-5 中。

表 1-5 接触器的识别

序 号	名 称	型 号 规 格	单 位	数 量
1				
2				
3				
4				
5				
6				

(2)交流接触器的拆装。拆卸一个交流接触器,记录触点数及主要零部件名称和作用并填入表 1-6 中。

表 1-6 交流接触器的拆装

型 号		容 量		拆 卸 步 骤	主 要 零 部 件	
					名 称	作 用
触 点 数						
主触点	辅助触点	辅助常开触点	辅助常闭触点			

(3)交流接触器的检测。用万用表测量交流接触器各对触点在吸合和断开时的接触电阻及线圈的直流电阻,将结果填入表 1-7 和表 1-8 中。

表 1-7 交流接触器的检测(1)

主触点电阻值						线圈电阻值
断 开 时			吸 合 时			
L1 相	L2 相	L3 相	L1 相	L2 相	L3 相	
检测结果评价						

表 1-8 交流接触器的检测(2)

辅助触点电阻值							
断 开 时				吸 合 时			
常开触点 1	常开触点 2	常闭触点 1	常闭触点 2	常开触点 1	常开触点 2	常闭触点 1	常闭触点 2
检测结果评价							



(4)交流接触器的排除。交流接触器在工作时出现表 1-9 中所示的问题时,如何更快地排除故障,将处理方法填入表 1-9 中。

表 1-9 交流接触器的排除

故障现象	可能的原因	处理方法
不能合闸		
电流达到整定值,断路器不动作		
启动电动机时,断路器立即自行分断		
断路器闭合后,经一定时间自行分断		
断路器温升过高		

3. 继电器

继电器是一种根据某种输入信号的变化,接通或断开控制电路,实现控制目的的电器,主要用于控制和保护电路或用于信号转换。继电器的输入信号可以是电流、电压等电量,也可以是温度、速度、时间、压力等非电量,而输出的结果通常是使对应触点动作。由于电磁式继电器具有工作可靠、结构简单、制造方便、寿命长等一系列优点,故在电气控制系统中应用较广泛。

继电器的种类很多,按输入信号的性质可分为电压继电器、电流继电器、温度继电器、速度继电器、压力继电器、时间继电器、中间继电器等;按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器、电子式继电器等。

1) 中间继电器

中间继电器的结构和工作原理与交流接触器基本相同,由电磁线圈、动铁心、静铁心、触点系统、反作用弹簧和复位弹簧等组成。与接触器的主要区别在于:接触器的主触点可以通过大电流,而中间继电器的触点只能通过小电流。因而,它只能用于控制电路中。它一般是没有主触点的,因而过载能力比较小,它用的触点都是辅助触点,数量比较多。

中间继电器用于继电保护与自动控制系统中,扩大继电器或接触器辅助触点的数量,也可用于扩大可编程逻辑控制器(programmable logic controller, PLC)的触点容量,起到中间转换的作用。中间继电器的外形及结构如图 1-10 所示。

中间继电器主要依据被控制电路的电压等级,触点的数量、种类及容量来选用。机床上常用的型号有 JZ7 系列交流中间继电器和 JZ8 系列交、直流两用中间继电器。中间继电器的图形符号及文字符号如图 1-11 所示。

2) 热继电器

电动机在连续运行过程中,常常发生过载的情况。若过载不严重且持续时间较短,电动机绕组温升不超过允许值,这种过载是允许的。但若过载电流大,持续时间长,电动机绕组的温升就会超过允许值,将加剧绕组绝缘的老化,缩短电动机的使用寿命,严重时甚至会烧坏电动机。因此必须对电动机采取过载保护措施,常用的方法是利用热继电器进行保护。





图 1-10 中间继电器的外形及结构

1—静铁心；2—短路环；3—衔铁；4—常开触点；5—常闭触点；6—反作用弹簧；7—线圈；8—缓冲弹簧。

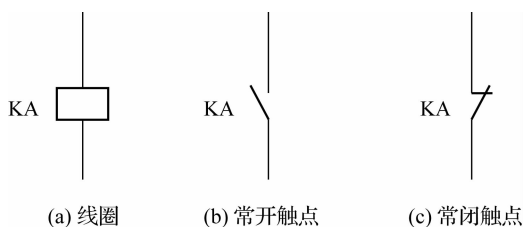


图 1-11 中间继电器的图形符号及文字符号

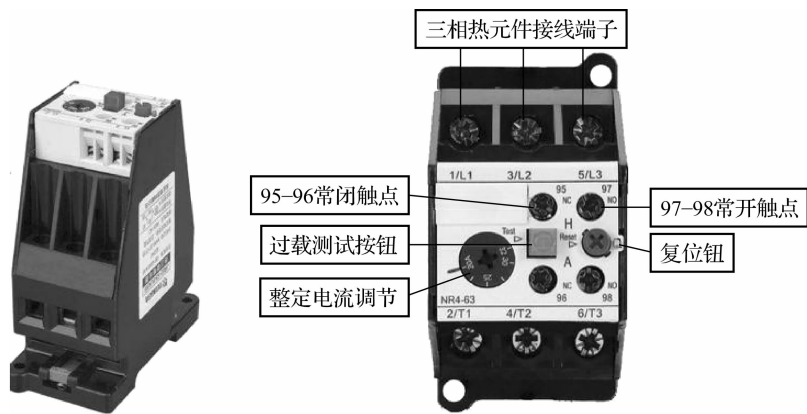
热继电器是利用电流的热效应原理来工作的保护电器。它可以根据过载电流的大小自动调整动作时间，具有反时限保护特性，即过载电流越大，动作时间越短；过载电流越小，动作时间越长；当电动机的运行电流为额定电流时，热继电器不动作。

(1)热继电器的结构。热继电器由双金属片、热元件、动作机构、触点系统、整定调整装置和手动复位装置等几部分组成，如图 1-12 所示。

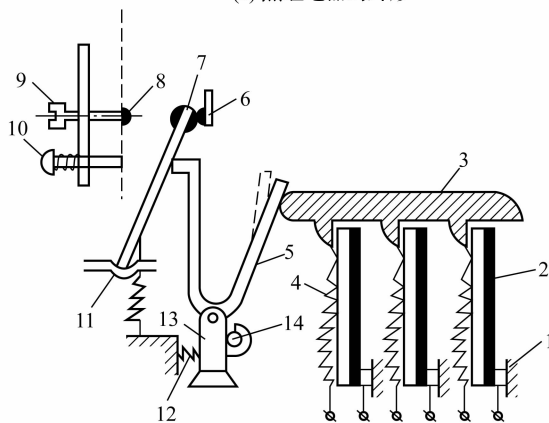
(2)热继电器的工作原理。当电动机过载时，流过热元件的电流增大，热元件产生的热量使主双金属片向上弯曲，推动导板向右移动，进而推动温度补偿双金属片，使推杆绕轴转动，从而推动触点系统动作，串联在电动机控制线路中的常闭触点断开，使接触器线圈断电释放，切断电动机电源起到保护作用。

电源切除后，电阻丝不再发热，主双金属片冷却到一定值时恢复原状，于是动触点在弹簧的作用下自动复位。另外也可通过调节螺钉，使触点在动作后不自动复位，而必须按动复位按钮才能使触点复位。这种手动复位的方式适用于某些电动机故障未排除不能启动的场合。

热继电器的符号如图 1-13 所示。



(a) 热继电器的外形



(b) 热继电器的结构

图 1-12 热继电器的外形及结构

1—接线端；2—双金属片；3—导板；4—热元件；5—补偿双金属片；6—常闭静触点；7—常闭动触点；8—常开触点；9—复位螺钉；10—复位按钮；11—推杆；12—压力弹簧；13—支撑件；14—调节旋钮。

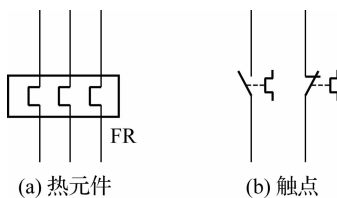


图 1-13 热继电器的符号

学生思考

热继电器在电路中为什么不能作为短路保护？

(3) 热继电器的识别、拆装与检测

①热继电器的识别。将所给的热继电器的铭牌用胶布盖住并编号，根据元器件实物写出元件的名称与型号，填入表 1-10 中。





表 1-10 热继电器元器件的识别

序 号	名 称	型 号 规 格	单 位	数 量
1				
2				
3				
4				
5				
6				

②热继电器的拆装。打开热继电器外盖,观察热继电器内部结构,将各零部件名称、作用记入表 1-11 中。

表 1-11 热继电器的拆装

零部件名称	零部件作用

③热继电器的检测。用万用表电阻挡测量发热元件电阻值与整定电流;测量初始状态下常闭触点(95-96)和常开触点(97-98)的电阻值,按下过载按钮,再次测量热继电器的常闭触点(95-96)和常开触点(97-98)的电阻值,将相关的电阻值记入表 1-12 中。

表 1-12 热继电器的检测

热元件电阻值		
L1 相	L2 相	L3 相
整定电流值		
触点好坏检测		
初始状态	95-96 电阻值	97-98 电阻值
按下过载测试按钮		

二、电动机正反转控制线路

图 1-14 所示为电动机正反转控制主电路示意图,接触器 KM1 控制电动机正转,接触器 KM2 控制电动机反转,两个接触器在出线端进行了相序的改变,即接触器 KM2 中 L1 相的出线端接入了 L3 中,L3 相的出线端接入了 L1 中。

KM1 和 KM2 不能同时接通,否则它们的主触点就会一起闭合,造成 L1 和 L3 两相电



源短路,因此可以在 KM1 和 KM2 线圈各支路中相互串联一个常闭触点(互锁),以保证两个线圈不同时接通。电动机正反转控制根据操作方式主要有电动机正转-停止-反转控制以及电动机正转-反转-停止控制。

1. 电动机正转-停止-反转控制

电动机正转-停止-反转控制如图 1-15 所示,按下启动按钮 SB2(或 SB3),接触器 KM1(或 KM2)线圈通电, KM1(或 KM2)的主触点使电动机正转(或反转),其自锁触点使电动机连续正转(或反转)运行。由于 KM1 和 KM2 两个接触器的常闭触点起互锁作用,即当一个接触器通电时,其常闭触点断开,使另一个接触器线圈不能通电。电动机换向时,必须先按停止按钮 SB1,使接触器线圈断开,即断开互锁点,才能反方向启动。这样的线路常称为“电动机正转-停止-反转”控制线路。

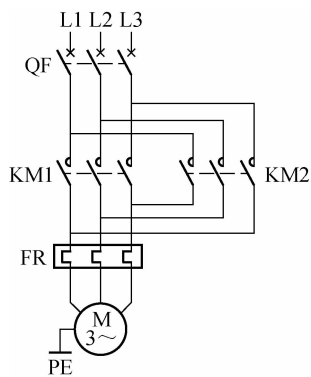


图 1-14 电动机正反转控制主电路

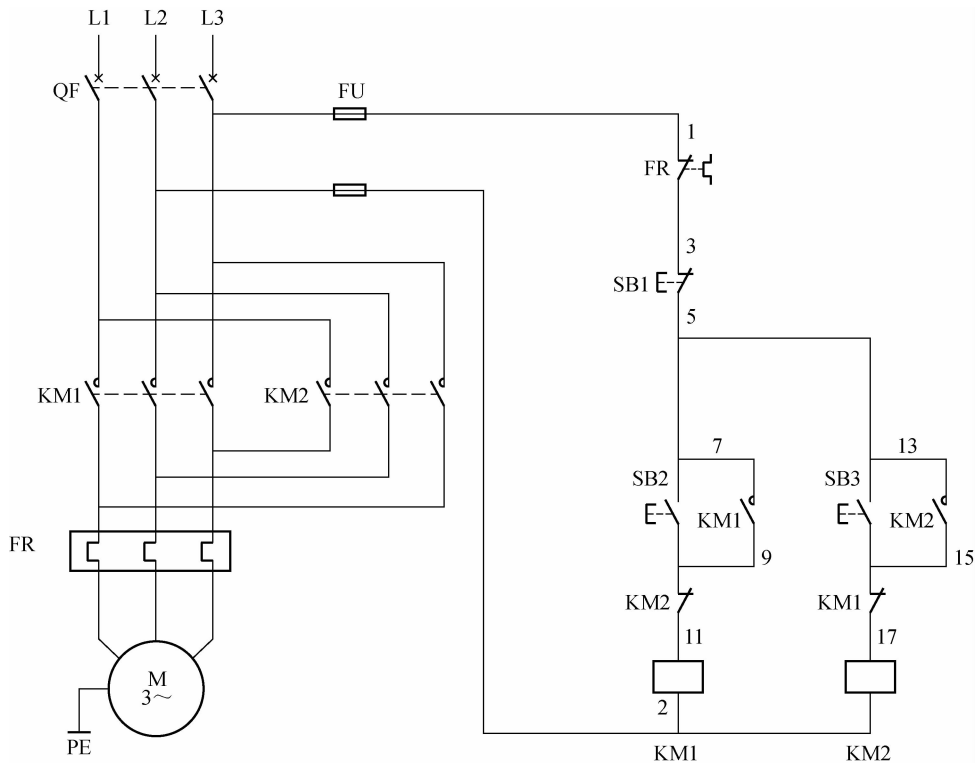


图 1-15 电动机正转-停止-反转控制

电动机正转-停止-反转控制电路安全可靠,不会因为故障而造成短路事故,但要想实现电动机换向,必须先按下停止按钮,使接触器触点复位后才能按下另外一个启动按钮使电动机反向运行,主要适合于电动机不频繁换向的场合。





2. 电动机正转-反转-停止控制

电动机正转-反转-停止控制的原理图如图 1-16 所示。按下正转启动按钮 SB3,其常闭触点先断开对 KM2 互锁、其常开触点后闭合,KM1 线圈通电,其自锁触点闭合自锁,KM1 互锁触点分断对 KM2 互锁,KM1 主触点闭合,电动机 M 正转;按下反转启动按钮 SB2,其常闭触点先断开对 KM1 互锁、其常开触点后闭合,KM2 线圈通电,其自锁触点闭合自锁,KM2 互锁触点分断对 KM1 互锁,KM2 主触点闭合,电动机反转;按下停止按钮 SB1,整个控制电路失电,主触点断电,电动机 M 失电停转。

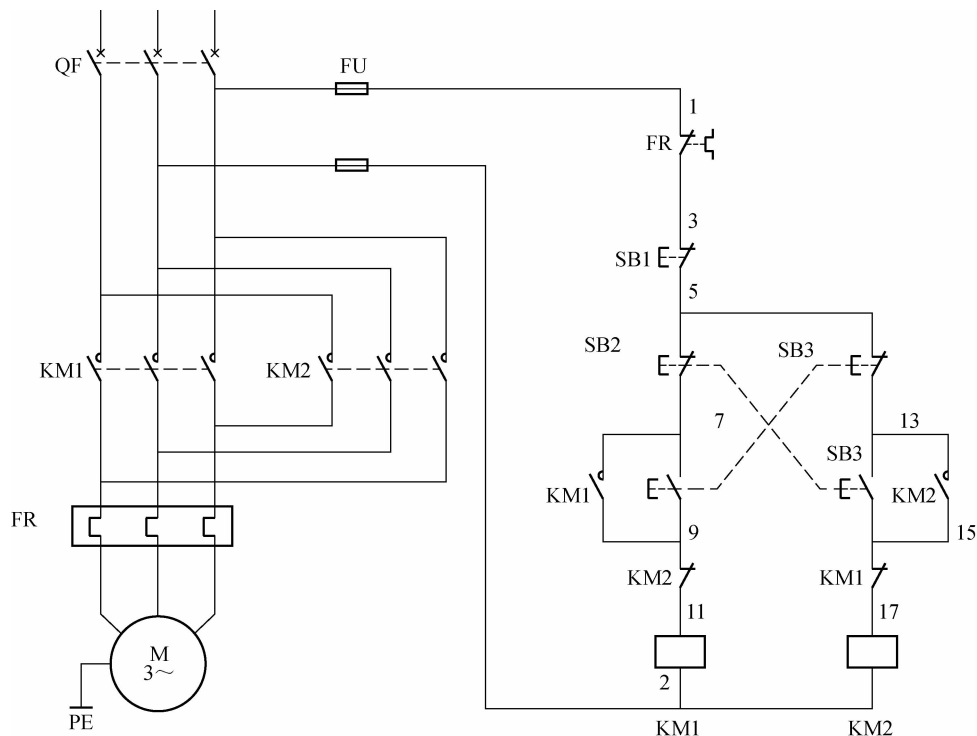


图 1-16 电动机正转-反转-停止控制的原理图

电动机正转-反转-停止控制是由按钮和接触器两个互锁控制组成,保证了电路的安全,而且在换向的时候不需要按下停止按钮就可以完成;是正反转电路中安全系数最高的电路,适用于要求换向迅速的场合。

3. 电动机自动往返控制

在生产过程中,很多生产机械运动部件的行程或位置必须受到限制,或者需要其运动部件在一定的行程内做自动往返运动,以便实现对工件的连续加工,如在摇臂钻床、万能铣床、镗床、桥式起重机及各种自动或半自动控制机床设备中经常有这种控制要求。这就要求电动机能在一定范围内,实现自动往返控制。

自动往返控制主要利用生产机械运动部件的碰撞使行程开关内部触点动作,进而分断或切换电路,从而控制生产机械运动部件的行程、位置或运动状态。利用行程开关控制工作台自动往返运动示意图如图 1-17 所示。位置开关 SQ1、SQ2 用于自动换接电动机正反转控制电路,实现工作台的自动往返行程控制。

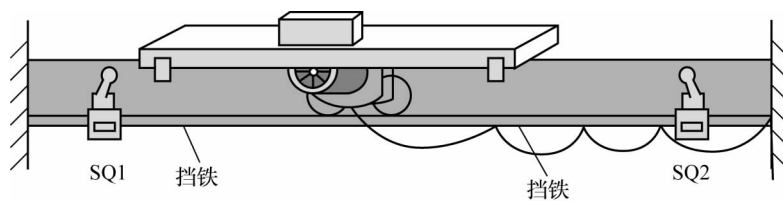


图 1-17 自动往返控制

电动机自动往返控制电气的原理图如图 1-18 所示。

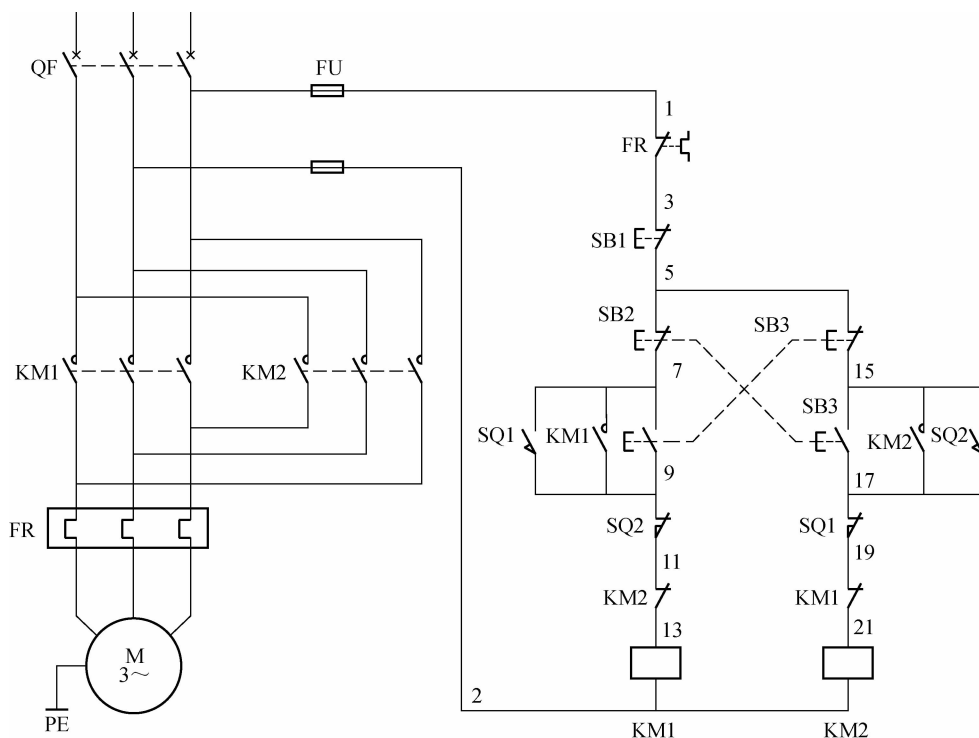


图 1-18 电动机自动往返控制电气的原理图

电动机自动往返控制电路的动作原理如下。

(1)先合上电源开关 QF 接通三相电源。

(2)工作台右移:按下启动按钮 SB3,接触器 KM1 线圈得电;主触点闭合,电动机正转,电动机运行,带动工作台向右移动;同时 KM1 的辅助常闭触点断开,实现对 KM2 线圈的互锁,KM1 的辅助常开触点闭合,实现电动机连续运行。当工作台右移到 SQ2 的位置时,SQ2 常闭触点断开,KM1 线圈断电,主触点断开,电动机正转停止,KM1 辅助常闭触点复位。

(3)工作台左移:SQ2 常开触点闭合,KM2 线圈通电,主触点闭合,电动机反向运行,带动工作台左行;同时 KM2 的辅助常闭触点断开,实现对 KM1 线圈的互锁,KM2 的辅助常开触点闭合,实现电动机连续运行,当工作台左移到 SQ1 的位置时,SQ1 常闭触点断开,KM2 线圈断电,主触点断开,电动机反转停止,KM2 辅助常闭触点复位,SQ1 常开触点闭合,再次启动电机正转。

(4)按下停止按钮 SB1,则全部控制电路断电,接触器主触点释放,电动机断开电源停止运行。





任务实施

1. 准备器材

- (1)工具:螺钉旋具(十字、一字)、电笔、剥线钳、尖嘴钳、老虎钳等。
- (2)仪表:兆欧表、万用表。
- (3)器材:断路器、交流接触器、按钮等。

2. 选择并检测元器件

根据控制要求选择合适的元器件,填入表 1-13 中,然后对所选择的元器件进行检测。

表 1-13 元器件及耗材清单

序号	名称	型号	规格	数量	备注
1	控制板				
2	熔断器				
4	熔芯				
5	交流接触器				
6	热继电器				
7	电动机				
8	按钮盒				
9	按钮				
10	接线端子				
11	铝合金卡轨				
12	高低导轨				

3. 绘制元器件位置图

绘制电动机双重互锁正反转控制元器件位置图,如图 1-19 所示。

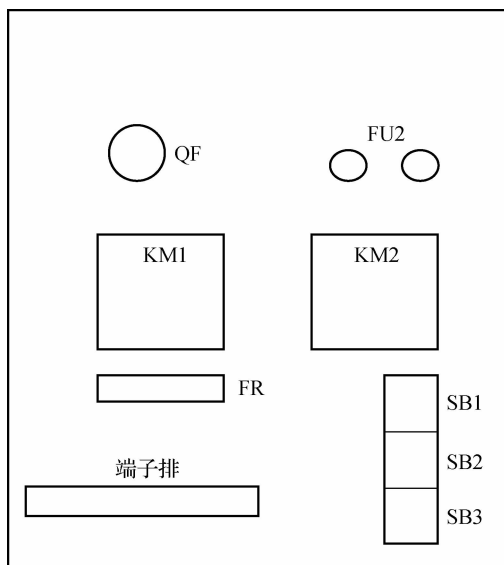


图 1-19 电动机双重互锁正反转控制元器件位置图



4. 安装元器件

根据电动机双重互锁正反转控制元器件图安装元器件,如图 1-20 所示。

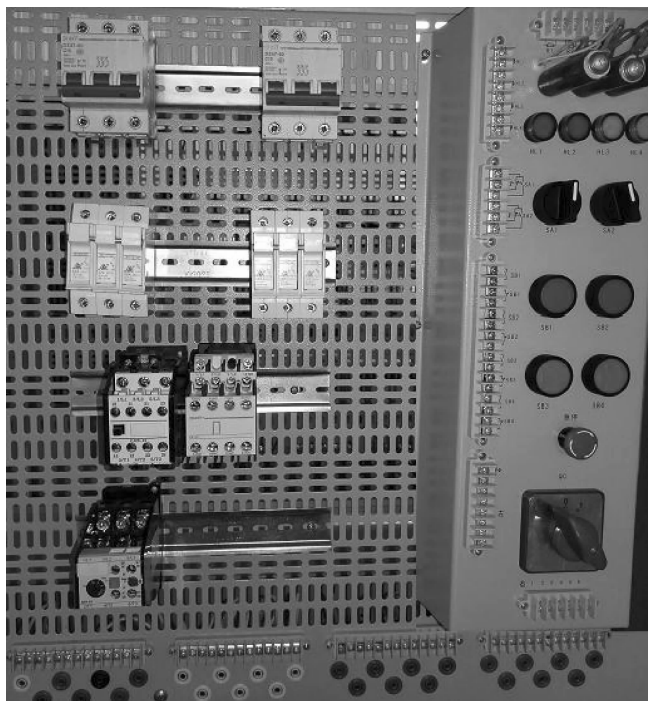


图 1-20 电动机双重互锁正反转控制元器件图

5. 绘制三相异步电动机双重互锁正反转控制接线图

绘制三相异步电动机双重互锁正反转控制接线图,根据实际接线图进行接线,接线图如图 1-21 所示。

6. 三相异步电动机双重互锁正反转控制的调试

安装完毕的控制线路板,必须经过认真检查以后,才允许通电试车,以防止错接、漏接造成电动机不能正常工作或短路事故。因此要求在线路安装完毕后先进行断电调试,即用万用表电阻挡进行检测。

1) 上电前检测

按电气电路原理图或安装接线图从电源端开始,逐段核对接线及接线端子处是否正确,有无漏接、错接之处。检查导线接线端子是否符合要求,压接是否牢固。

(1)用万用表检查线路的通断情况。检查时,应选用倍率适当的电阻挡,并进行校零,以防发生短路故障。

(2)主电路测试。使用万用表电阻挡,合上电源开关,按住接触器 KM1 (或 KM2)的衔铁,使其主触点闭合,测量从电源端到出线端每相电路的电阻值。

(3)控制电路测试。按下 SB2 按钮,测量控制电路两端的电阻值。按下 SB3 按钮,测量控制电路两端的电阻值。用手按住接触器 KM1(或 KM2)的衔铁,测量控制电路两端的电阻值。将测量结果填入表 1-14中。



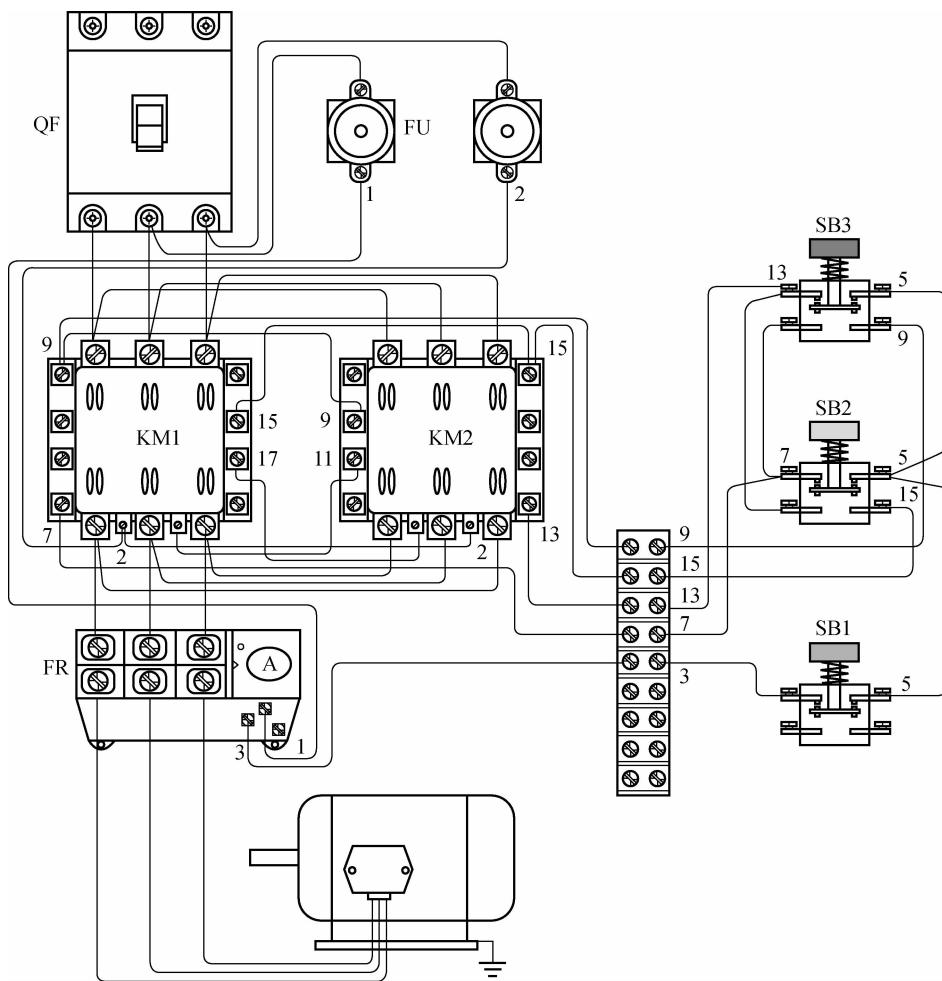


图 1-21 电动机双重互锁正反转控制接线图

表 1-14 电动机正反转控制不通电测试记录

操作 步骤	主电路两端						控制电路两端			
	按住 KM1 衔铁			按住 KM2 衔铁			按下 SB2	按下 SB3	按下 KM1 衔铁	按下 KM2 衔铁
	L1-U	L2-V	L3-W	L1-W	L2-V	L3-U				
电阻值										

2) 通电调试

检查测量没有问题后,可以申请通电调试。调试步骤:合上断路器 QF,通入三相交流电源,按下正向启动按钮 SB2,KM1 线圈通电吸合,其常开触点闭合实现自锁,电动机正向运行;按下反向启动按钮 SB3,KM2 线圈通电吸合,其常开触点闭合实现自锁,电动机反向运行;按下停止按钮 SB1,电动机停止运行,如果同时按下 SB2 和 SB3 时,KM1 和 KM2 线圈都不吸合,电动机不运行。将通电运行结果填入表 1-15 中。



表 1-15 电动机正反转控制通电测试记录

操作步骤	合上 QF	按下 SB2	按下 SB3	按下 SB1	同时按下 SB2 和 SB3
电动机动作或接触器吸合					

任务评价

结合任务完成的情况进行点评并给出考核成绩,展示学生的优秀设计方案和程序,激发学生 学习热情,成绩评分标准如表 1-16 所示。

表 1-16 成绩评分标准

序号	主要内容	考核要求	评分标准	配分	扣分	备注
1	元器件安装	1. 检查元器件。 2. 正确使用工具和仪表。 3. 合理布置元器件	1. 因元器件质量问题影响通电成功,每次扣 2 分。 2. 元器件布置不合理,每只扣 1 分。 3. 元器件安装不牢固、安装元器件时漏装螺钉,每只扣 1 分。 4. 损坏元器件,每只扣 2 分	20		
2	线路连接	1. 选择导线正确。 2. 布线工艺规范。 3. 电气连接正确。 4. 整体布局美观	1. 未按控制要求选择导线,扣 10 分。 2. 未按原理图要求接线,扣 5 分。 3. 主电路和控制电路颜色不分,扣 5 分。 4. 导线不横平竖直,每根扣 2 分。 5. 导线交叉,每处扣 2 分。 6. 接点松动、漏铜过长、压绝缘层、反圈等,每个接点扣 0.5 分。 7. 损伤导线绝缘或线芯,每根扣 0.5 分。 8. 整体布局不美观,酌情扣分	40		
3	通电试车	1. 正确设置元器件参数。 2. 通电前检查。 3. 通电试车成功	1. 元器件参数未设置或者设置错误,扣 5 分。 2. 通电前未用仪表检查,扣 2 分。 3. 未按要求运行,扣 20 分。 4. 发生重大安全事故,扣 30 分。 5. 通电时烧毁元器件,扣 30 分	30		





续表

序号	主要内容	考核要求	评分标准	配分	扣分	备注
4	安全文明操作	1. 劳保用品穿戴整齐。 2. 电工工具佩戴整齐。 3. 遵守操作规程。 4. 尊重考评员,讲文明礼貌。 5. 考试结束,清理现场	1. 带电操作(不包括通电试车),每次扣 10 分。 2. 结束后不整理现场,扣 5 分。 3. 各项考试中,违反安全文明生产考核要求的任何一项,扣 2 分,10 分扣完为止	10		
5	考试时限	考试时限为 120 min	每超时 2 min 扣 2 分	/		
备注			总分			
			教师签字			



思考与练习

- 欲使接触器 KM1 动作后 KM2 才能动作,需要()。
 - 在 KM1 的线圈回路中串入 KM2 的常开触点
 - 在 KM1 的线圈回路中串入 KM2 的常闭触点
 - 在 KM2 的线圈回路中串入 KM1 的常开触点
 - 在 KM2 的线圈回路中串入 KM1 的常闭触点
- 现有两个接触器 KM1、KM2,欲实现互锁,则应()。
 - 在 KM1 的线圈回路中串入 KM2 的常开触点
 - 在 KM1 的线圈回路中串入 KM2 的常闭触点
 - 在两接触器的线圈回路中互相串入对方的常闭触点
 - 在两接触器的线圈回路中互相串入对方的常开触点
- 下面()不是接触器的组成部分。
 - 电磁机构
 - 触点系统
 - 灭弧装置
 - 脱扣机构
- 电机正反转运行中的两接触器必须实现相互间()。
 - 联锁
 - 自锁
 - 禁止
 - 记忆
- 改变交流电动机的运转方向,采取调整电源的方法是()。
 - 调整其中两相的相序
 - 调整三相的相序
 - 定子串电阻
 - 转子串电阻
- 交流接触器在电气控制电路中有哪些作用?
- 电动机正转-反转-停止控制线路中,复合按钮已经起到互锁作用,为什么还要用接触器的常闭触点进行联锁?
- 三相异步电动机如何由正转变为反转?