



策划编辑: 刘子嘉
责任编辑: 张海红
封面设计: 刘文东



定价: 53.00元

现代工业设备电气控制技术

主编 穆亚辉

北京邮电大学出版社

高等职业教育机电系列精品教材
职业教育国家在线精品课程配套教材



主编 穆亚辉
主审 马建民

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

高等职业教育机电系列精品教材
职业教育国家在线精品课程配套教材



主 编 穆亚辉
副主编 王 晓 寇继磊
主 审 马建民

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](http://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”“现代工业设备的通信”“现代工业设备电气综合控制”共 7 个项目,包含 15 个工作任务。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,以企业和生活中真实项目为载体实现基于工作任务的项目化教学。

本书实用性较强,项目操作简单,既可作为职业院校机电一体化技术、电气自动化技术等专业的教材,也可以作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代工业设备电气控制技术 / 穆亚辉主编. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2023. 12

ISBN 978-7-5635-7116-1

I. ①现… II. ①穆… III. ①工业设备—电气控制—教材 IV. ①TM921.5

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 247083 号

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: 2023 年 12 月第 1 版

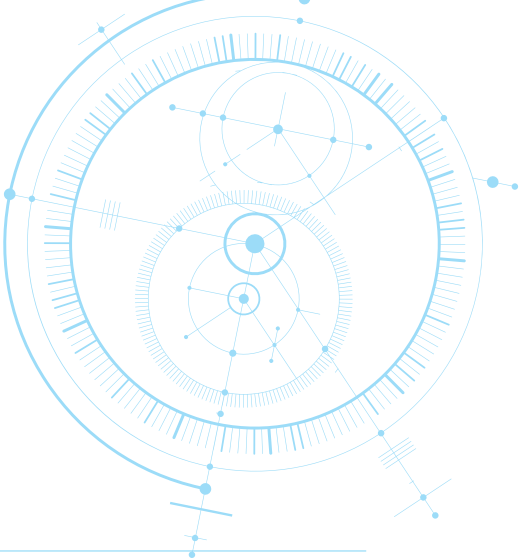
印 次: 2023 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-7116-1

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”是机电一体化技术及电气自动化技术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,学生能够安装并调试电路,能够设置变频器与伺服驱动器的参数,能够编写 PLC 程序。本书潜移默化地引入思政元素,使德育育人同向同行;注重培养学生遵守生产规范的习惯,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,重构现代工业控制常用设备的相关知识,满足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造就高技能人才、推进教育数字化的要求。

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的分析、对教学内容的重构,将企业新技术、新工艺带入书中。

(2)内容丰富。可满足不同层次学生的学习需求,包括针对部分基础欠缺学生的基础性学习部分(基本控制电路、PLC 与变频调速控制、触摸屏控制)以及面向进阶学生的扩展学习部分(运动控制与通信);可面向不同的学生形成不同的教学和学习路径,形成可裁剪的新形态资源。

(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讲授,行业与企业专家全程参与,充分体现了校企共建、双向赋能。



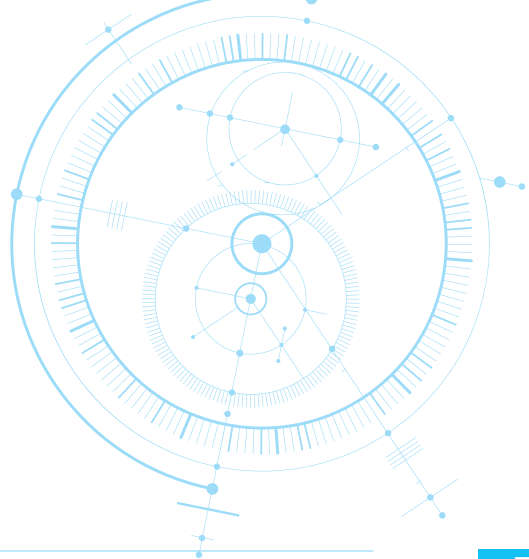


(4)采用“纸质教材+在线课程”的线上线下结合的教学模式。学生登录中国大学 MOOC 平台,搜索“现代工业设备电气控制技术”课程,即可观看操作演示;扫描书中的二维码即可观看微课或动画等数字资源。

本书由许昌职业技术学院穆亚辉任主编,许昌职业技术学院王晓、寇继磊任副主编,许昌职业技术学院段运鑫、薄关锋与许继电气股份有限公司赵军甫参与编写。全书共分 7 个项目、15 个任务,其中项目一由段运鑫编写,项目二由王晓编写,项目三和项目四由穆亚辉编写,项目五由寇继磊编写,项目六由薄关锋编写,项目七由赵军甫编写。本书由许昌职业技术学院马建民主审。在编写过程中,编者还得到了许昌烟草机械有限责任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
素养园地	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	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、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
素养园地	32
任务一 音乐喷泉的 PLC 控制	33
知识链接	33
一、S7-1500 PLC 的组成与接线	33





二、TIA Portal 软件入门	41
三、S7-1500 PLC 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、S7-1500 PLC 的定时器指令	58
二、S7-1500 PLC 的计数器指令	62
任务实施	65
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、S7-1500 PLC 的比较指令	69
二、S7-1500 PLC 的移动指令	71
三、S7-1500 PLC 的移位指令和循环移位指令	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
素养园地	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
素养园地	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、HMI 仿真调试的方法	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、元素的组态	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
素养园地	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、S7-1500 PLC 连接步进驱动器的运动控制	
组态配置	162
五、S7-1500 PLC 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、S7-1500 PLC 连接 V90 伺服驱动器的运动控制	
组态配置	187
任务实施	195
任务评价	200
思考与练习	201

项目六 现代工业设备的通信 202

项目描述	202
项目目标	202
素养园地	202
任务一 S7-1500 PLC 与 S7-200 SMART PLC 的通信	
.....	203
知识链接	203
一、工业以太网概述	203
二、S7-200 SMART PLC 以太网通信	204
三、S7-1500 PLC 与 S7-200 SMART 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 S7-1500 PLC 的 PROFINET IO 通信 ...	220
知识链接	220



一、PROFINET IO 通信	220
二、两台 S7-1500 PLC 的通信设置	221
任务实施	224
任务评价	226
思考与练习	227
任务三 S7-1500 PLC 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 S7-1500 PLC 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
素养园地	238
任务 饮料灌装生产线的自动控制	239
知识链接	240
一、S7-200 SMART PLC 的子程序	240
二、S7-200 SMART 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

目前工业生产中使用的电气设备和生产机械大部分采用电动机拖动,电动机的工作方式是通过不同的控制电路来完成的。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)掌握常用低压电器的功能、基本结构和工作原理。
- (2)掌握电动机正反转控制电路的构成和工作原理。
- (3)掌握电动机 Y- Δ 降压启动控制电路的构成和工作原理。
- (4)能正确拆装常用低压电器并能排除常见故障。
- (5)会安装与调试电动机正转-停止-反转控制电路。
- (6)培养学生的自我约束能力和团队合作精神。



素养园地

自我保持与互相制约

自我保持就是指某个物体的状态发生瞬间的改变,改变之后在不施加外力的情况下,物体本身仍然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接线对调,即可改变电源的相序,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

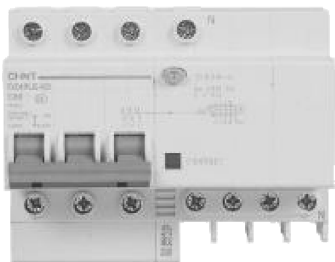
1. 断路器

1) 断路器的功能

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。断路器在电路中除了起控制作用外,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 所示为常见的断路器。



微课
低压断路器



(a) DZ47LE 系列



(b) DZ47 系列



(c) DZ5 系列

图 1-2 常见的断路器



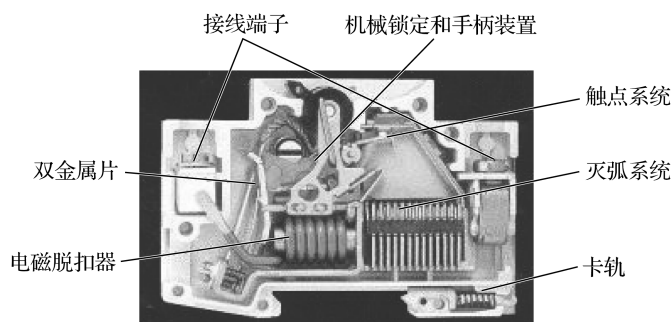
图 1-2(a)所示为 DZ47LE 系列断路器,它是带剩余电流保护装置的低压电器。当电路发生漏电故障时,断路器会自动断开,面板上的蓝色按钮会自动弹起。当漏电故障解除后,断路器方可重新送电。

图 1-2(b)所示为 DZ47 系列断路器,其上面一排端子为三相电源进线端接线端子,下面一排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) 断路器的结构

断路器的结构如图 1-3 所示。其主要由机械锁定和手柄装置、触点系统、电磁脱扣器和灭弧系统等组成。



动画
低压断路器

图 1-3 断路器的结构

3) 断路器的工作原理

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,断路器处于接通状态。

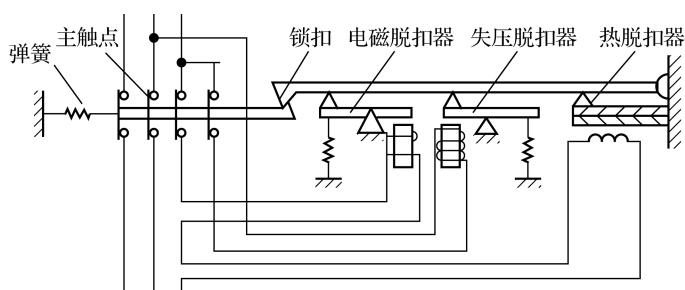


图 1-4 断路器的工作原理

当电路发生短路故障时,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。

当电路发生过载故障时,过载电流流过热脱扣器中的热元件并使其产生热量,当热量达到一定程度时,双金属片受热向上弯曲,通过杠杆推动搭钩与锁扣脱开,在弹簧的作用下,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。当电路电压正常时,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,断路器的主触点闭合。当电路电压消失或下降到一定程度时,由于电磁力将消失或下降到不足以克服弹簧的拉力,此时,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) 断路器型号的意义

常见的 DZ47 系列断路器型号的意义如图 1-5 所示。

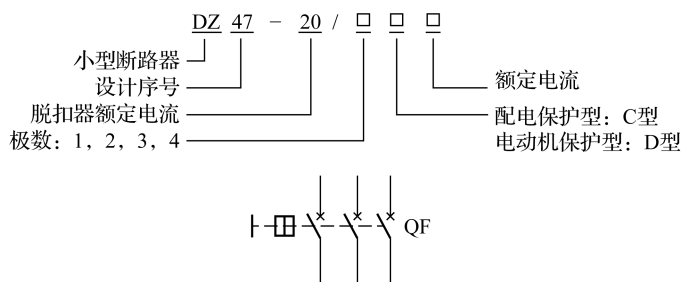


图 1-5 DZ47 系列断路器型号的意义

5) 断路器的识别、拆装、检测与排故

(1) 断路器的识别。将所给断路器的铭牌用胶布盖住并编号,根据实物外观,将断路器的名称、型号等参数填入表 1-1 中。

表 1-1 断路器的识别

序 号	名 称	型 号 规 格
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(2) 断路器的拆装。拆卸和组装一个断路器,将其主要零部件名称和作用填入表 1-2 中。

表 1-2 断路器的主要零部件

零部件名称	零部件作用



(3)断路器的检测。用万用表电阻挡测量断路器各对触点在吸合和断开时的接触电阻,用兆欧表测量每两相触点间的绝缘电阻,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 断路器的检测

接 触 电 阻					
断 开 时			吸 合 时		
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)断路器的排故。当断路器在工作时出现表 1-4 所示的故障时,应如何更快地排除故障?将可能的原因及处理方法填入表 1-4 中。

表 1-4 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断		
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

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

根据控制电路的不同,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) 接触器的结构

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。

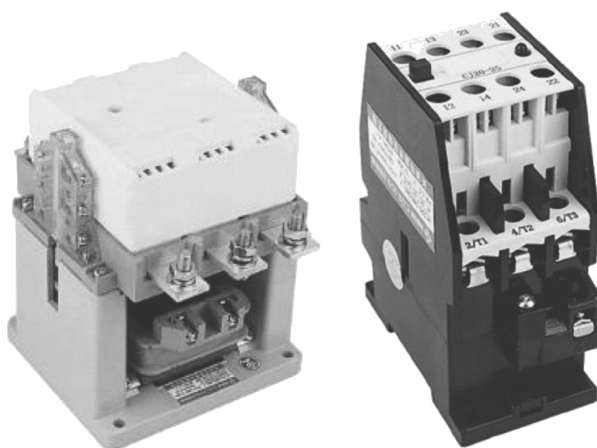


微课
交流接触器





动画
交流接触器



(a) 交流接触器

(b) 直流接触器

图 1-6 接触器

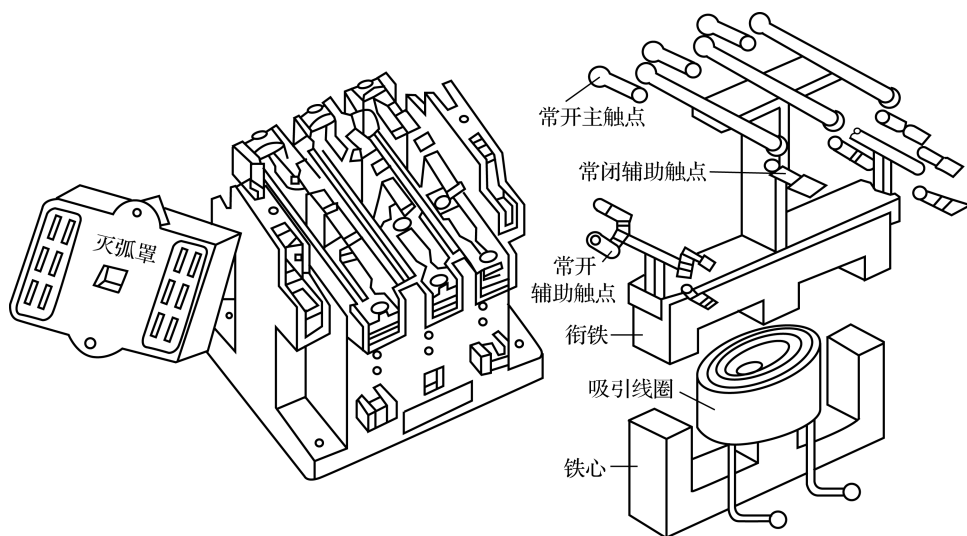


图 1-7 CJ10-20 型交流接触器

(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、相间灭弧、板隔灭弧及陶土灭弧罩灭弧;对于大容量的接触器,常采用纵缝灭弧罩灭弧及栅片灭弧。

(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) 接触器的工作原理

如图 1-8 所示,当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,常开辅助触点后闭合。一旦接触器线圈失电,各触点将恢复线圈未通电时的状态。

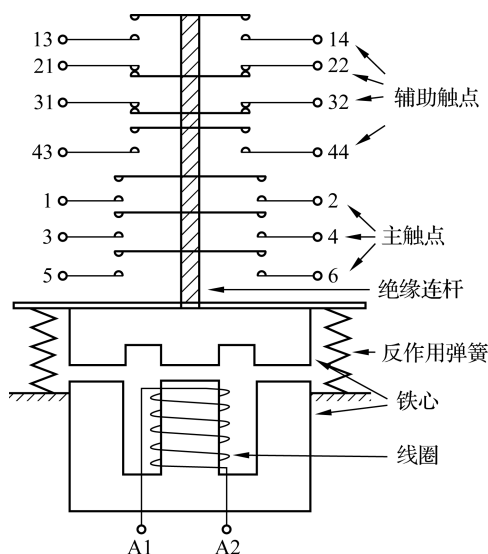


图 1-8 接触器的工作原理

接触器在电路图中的图形符号及文字符号如图 1-9 所示。

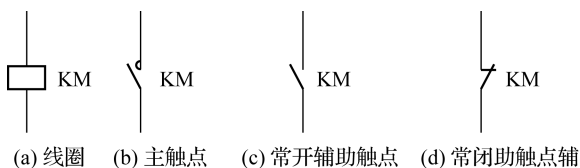


图 1-9 接触器在电路图中的图形符号及文字符号

3) 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。如果控制系统中的负载主要是交流负载,而直流负载容量较小,那么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的。

(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电路的电压。

(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电路的电流。

(4) 线圈电压的选择。当控制电路简单、使用元器件较少时,可直接选用 380 V 或 220 V 的线圈电压。如果控制电路较复杂、元器件使用时间超过 5 h,可选用 24 V、36 V 或 110 V 的线圈电压。

4) 接触器的识别、拆装、检测与排故

(1) 接触器的识别。熟悉接触器的外形、型号及内部元器件,如主触点、常开辅助触点和线圈的接线柱等。





将所给接触器的铭牌用胶布盖住并编号,根据实物外观,将接触器的名称与型号,填入表 1-5 中。

表 1-5 接触器的识别

序 号	名 称	型 号 规 格
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(2)接触器的拆装。拆卸并组装一个接触器,将其触点数主要零部件的名称和作用填入表 1-6 中。

表 1-6 接触器的主要零部件

零部件名称	零部件作用

(3)接触器的检测。用万用表测量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 接触器的检测(1)

接 触 电 阻						线圈直流电阻
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 接触器的检测(2)

辅助触点电阻							
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)接触器的排除。当接触器在工作时出现表 1-9 所示的问题时,应如何更快地排除故障?将处理方法填入表 1-9 中。

表 1-9 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,接触器不动作		
启动电动机时,接触器立即自行分断		
接触器闭合后,经一定时间自行分断		
接触器温升过高		

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。电磁式继电器具有工作可靠、结构简单、制造方便、使用寿命长等一系列优点,故在电气控制系统中应用较广泛。



微课
继电器

继电器的种类有很多,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接触器基本相同。中间继电器由电磁线圈、动铁心、静铁心、触点系统、反作用弹簧和复位弹簧等组成。它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,中间继电器只能用于控制电路中。中间继电器一般没有主触点,因而过载能力比较小。中间继电器的触点都是辅助触点,且数量比较多。

中间继电器可用于继电保护与自动控制系统中,以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。

中间继电器的选用主要依据被控制电路的电压等级,触点的数量、种类及容量。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,则这种过载是允许的。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,则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。

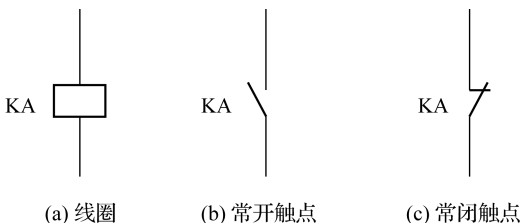


图 1-11 中间继电器的图形符号及文字符号



动画
热继电器

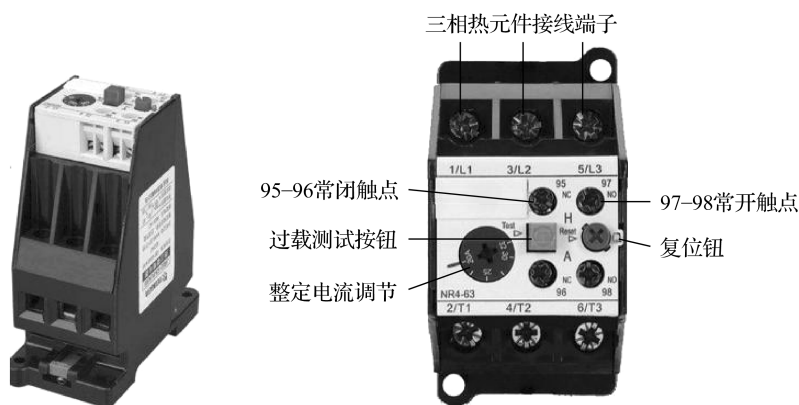
热继电器是利用电流的热效应原理来工作的保护电器。它可以根据过载电流的大小自动调整动作时间,具有反时限保护特性,即过载电流越大,动作时间越短;过载电流越小,动作时间越长;当电动机的运行电流为额定电流时,热继电器不动作。

(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(a)所示。

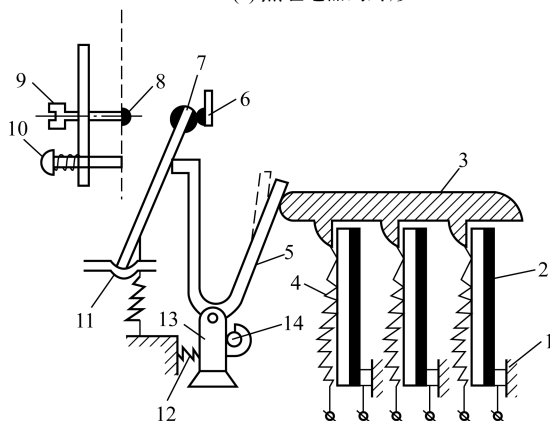
(2)热继电器的工作原理。当电动机过载时,流过热元件的电流增大,热元件产生的热量使主双金属片向上弯曲,推动导板向右移动,进而推动温度补偿双金属片,使推杆绕轴转动,从而推动触点系统动作,串联在电动机控制电路中的常闭触点断开,使接触器线圈断电释放,切断电动机电源起到保护作用。

电源切除后,热元件不再发热,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。另外也可通过调节复位螺钉,使触点在动作后不自动复位,而必须通过按下复位按钮才能使触点复位。这种手动复位方式适用于某些电动机故障未排除前不能启动的场合。

热继电器的图形符号及文字符号如图 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—主双金属片；3—导板；4—热元件；5—温度补偿双金属片；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。

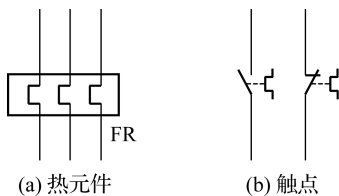


图 1-13 热继电器的图形符号及文字符号

学生思考

热继电器在电路中为什么不能用于短路保护？

(3) 热继电器的识别、拆装与检测。

① 热继电器的识别。将所给热继电器的铭牌用胶布盖住并编号,根据实物外观,将热继电器的名称与型号填入表 1-10 中。





表 1-10 热继电器的识别

序 号	名 称	型 号 规 格
1		
2		
3		
4		
5		
6		

②热继电器的拆装。拆卸并组装热继电器,将各零部件名称、作用记入表 1-11 中。

表 1-11 热继电器的主要零部件

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热元件的电阻与整定电流;测量初始状态下常闭触点(95-96)和常开触点(97-98)的电阻,按下过载测试按钮,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,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			整 定 电 流
L ₁ 相	L ₂ 相	L ₃ 相	
触点电阻			
检测状态	95-96 电阻		97-98 电阻
初始状态			
按下过载测试按钮			

二、电动机正反转控制

图 1-14 所示为电动机正反转控制主电路,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 相中,L3 相的出线端接入了 L1 相中。

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 的线圈支路中相互串联一个彼此的常闭触点(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不同主要分为电动机正转-停止-反转控制、电动机正转-反转-停止控制及电动机自动往返控制。

1. 电动机正转-停止-反转控制

电动机正转-停止-反转控制电路原理图如图 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)的主触点闭合,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。当电动机换向时,必须先按下停止按钮 SB1,使接触器线圈断电,即断开互锁触点,电动机才能反方向启动。这样的线路常称为电动机正转-停止-反转控制电路。

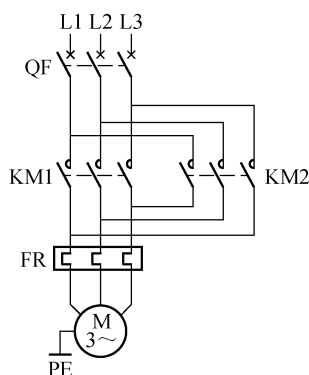


图 1-14 电动机正反转控制主电路

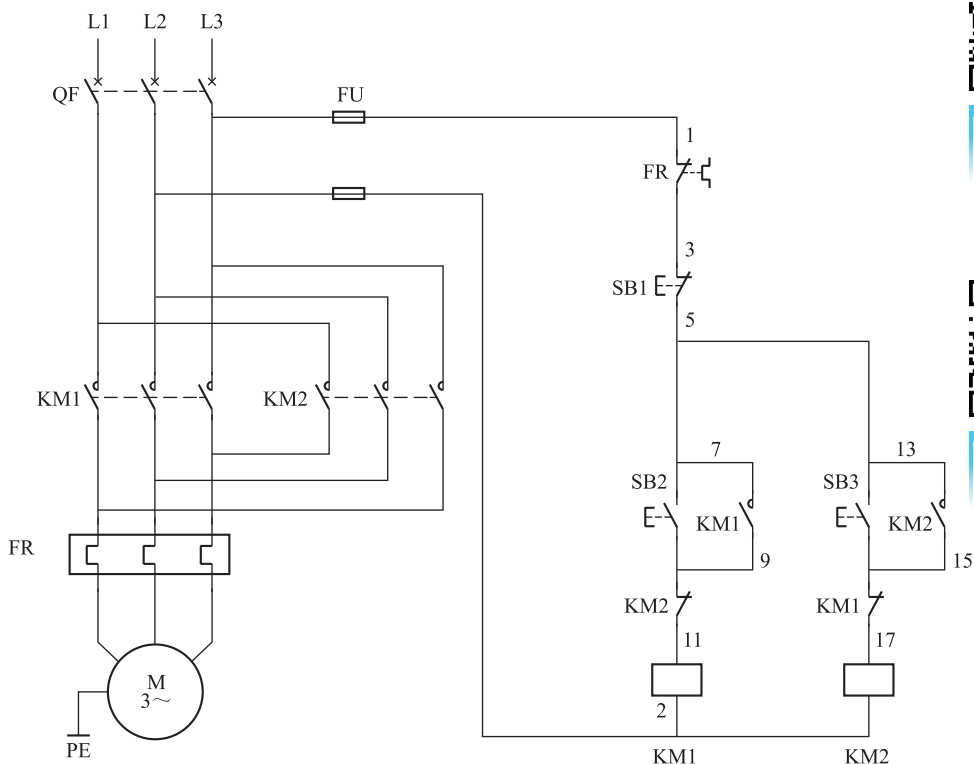


图 1-15 电动机正转-停止-反转控制电路原理图

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,主要适用于电动机不频繁换向的场合。



微课

三相异步电动机正转-停止-反转控制



动画

正转-停止-反转工作原理





2. 电动机正转-反转-停止控制

电动机正转-反转-停止控制电路原理图如图 1-16 所示。按下正转启动按钮 SB3,其常闭触点先断开,实现对 KM2 的互锁,其常开触点后闭合,KM1 线圈通电,KM1 自锁触点闭合自锁,KM1 互锁触点分断,实现对 KM2 的互锁,KM1 主触点闭合,电动机正转。按下反转启动按钮 SB2,其常闭触点先断开,实现对 KM1 的互锁,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,实现对 KM1 的互锁,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,主触点断开,电动机失电停转。

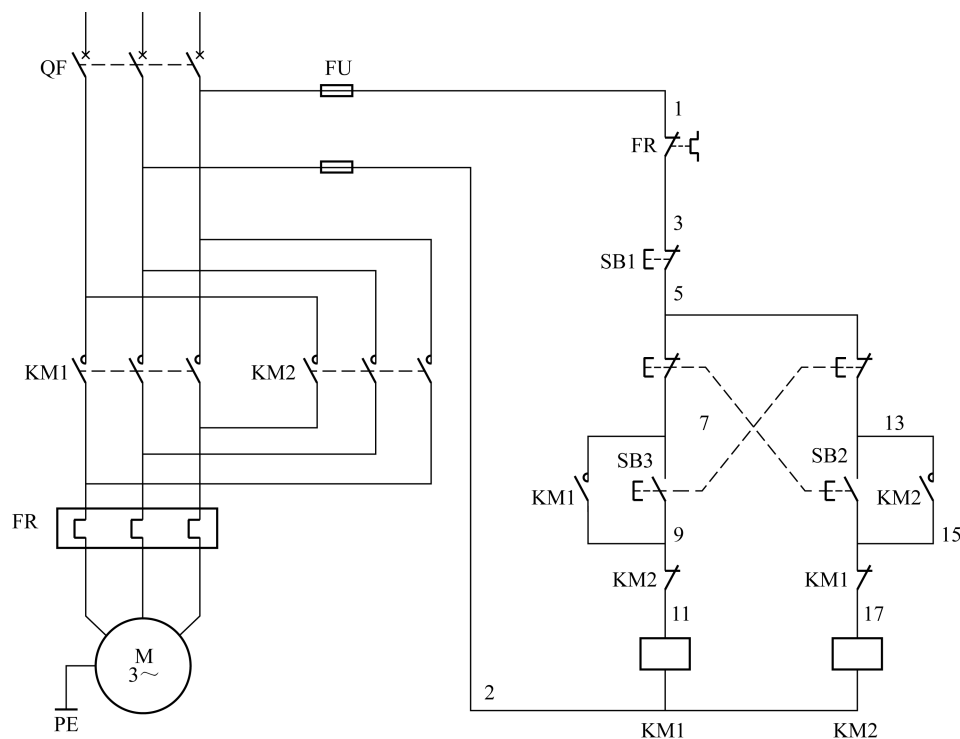


图 1-16 电动机正转-反转-停止控制电路原理图

电动机正转-反转-停止控制电路由按钮和接触器两个互锁回路控制,保证了电路的安全,而且在电动机换向时不需要按下停止按钮就可以完成换向;是电动机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。

电动机自动往返控制电路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



微课

三相异步电动机正转-反转-停止控制



动画

正转-停止-反转工作原理



微课

三相异步电动机自动往返控制



动画

自动往返控制工作过程



开关控制工作台自动往返运动示意图如图 1-17 所示。行程开关 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。

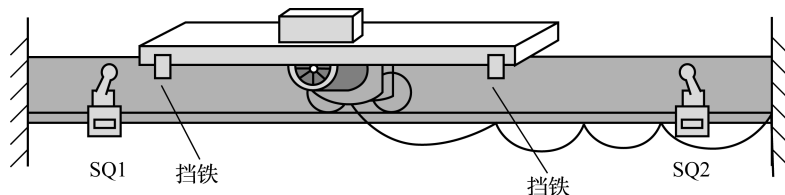


图 1-17 利用行程开关实现自动往返控制

电动机自动往返控制电路原理图如图 1-18 所示。

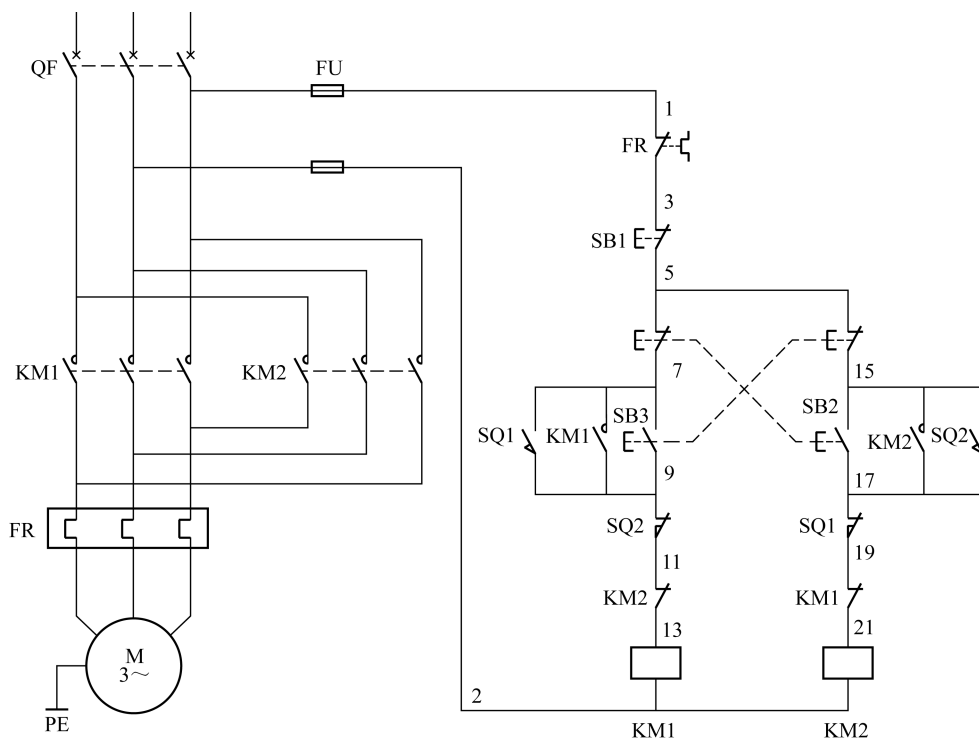


图 1-18 电动机自动往返控制电路原理图

电动机自动往返控制电路的工作原理如下。

(1)先合上断路器 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,KM1 主触点闭合,电动机正转,带动工作台向右移动,同时 KM1 的常闭触点断开,实现对 KM2 线圈的互锁,KM1 的常开触点闭合,实现电动机的连续运行。当工作台右移到 SQ2 的位置时,SQ2 常闭触点断开,KM1 线圈断电,KM1 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,KM2 主触点闭合,电动机反转,带动工作台向左运动,同时 KM2 的常闭触点断开,实现对 KM1 线圈的互锁,KM2 的常开触点闭合,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,KM2 主触点断开,电动机反转停止,KM2 常闭触点复位,SQ1 常开触点闭合,再次启动电动机正转。





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

任务实施

1. 准备工具器材

- (1)螺钉旋具(十字、一字)、电笔、剥线钳、尖嘴钳、老虎钳等。
- (2)兆欧表、万用表。
- (3)热继电器、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,将所用元器件的型号、规格等信息填入表 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				
3	熔芯				
4	交流接触器				
5	热继电器				
6	电动机				
7	按钮盒				
8	按钮				
9	接线端子				
10	铝合金卡轨				
11	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。

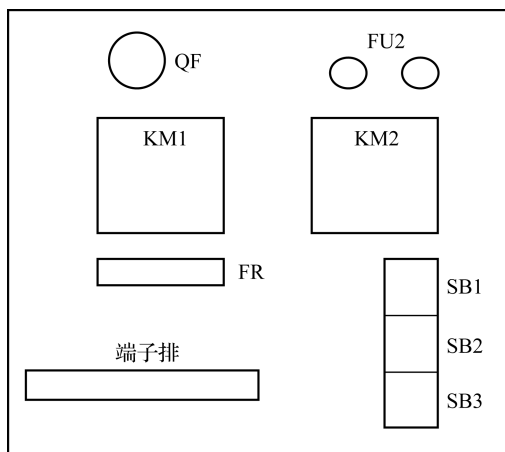


图 1-19 电动机双重互锁正反转控制元器件位置图



4. 安装元器件

根据电动机双重互锁正反转控制元器件位置图安装元器件,如图 1-20 所示。

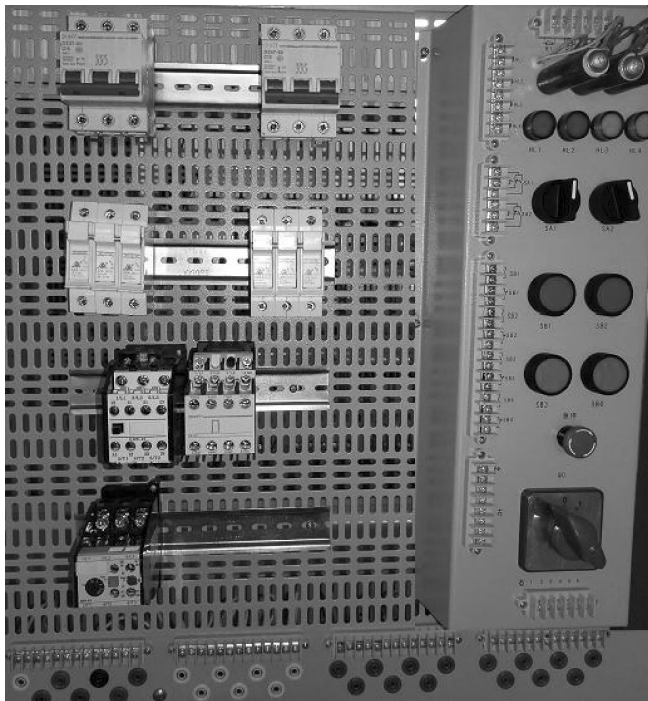


图 1-20 电动机双重互锁正反转控制元器件的安装

5. 绘制电动机双重互锁正反转控制接线图

绘制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. 电动机双重互锁正反转控制的调试

线路连接完毕的控制板,必须经过认真检查以后,才允许通电调试,以防止错接、漏接造成电动机不能正常工作或短路事故。因此要求在线路连接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

按电路原理图或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。选用万用表电阻挡,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。



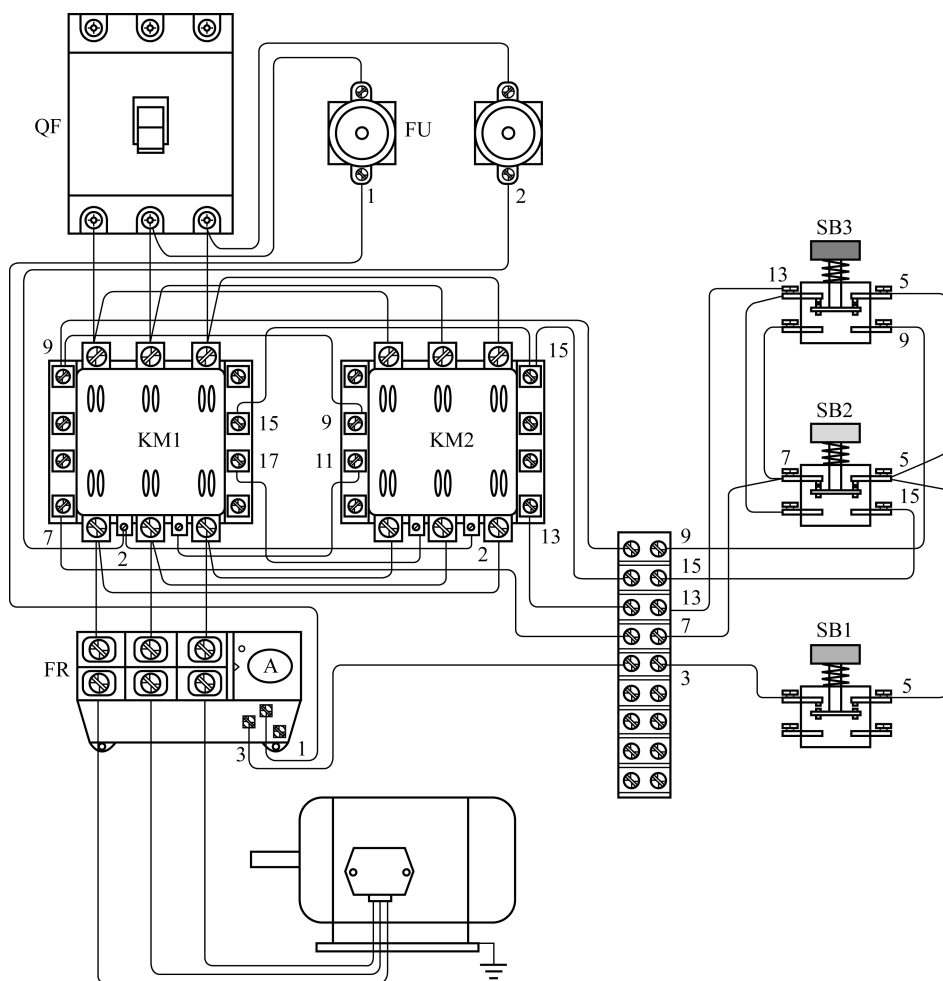


图 1-21 电动机双重互锁正反转控制接线图

表 1-14 电动机双重互锁正反转控制不通电测试记录

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

2) 通电调试

检查测量连接线路没有问题后,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,KM1 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,KM2 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,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 电动机双重互锁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
操作 结 果					

任务评价

教师结合学生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,激发学生的学习热情。成绩评分标准如表 1-16 所示。

表 1-16 成绩评分标准

序号	考核内容	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. 线路连接正确。 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	考核内容	考核要求	评分标准	配分	扣分	备注
4	安全文明生产	参照相关法规进行考评,确保人身和设备安全	1. 每违反一项规定扣 2 分(总扣分不超过 10 分)。 2. 发生重大事故取消考试资格	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

1. 欲使接触器 KM1 动作后 KM2 才能动作,需要()。

- A. 在 KM1 的线圈回路中串入 KM2 的常开触点
- B. 在 KM1 的线圈回路中串入 KM2 的常闭触点
- C. 在 KM2 的线圈回路中串入 KM1 的常开触点
- D. 在 KM2 的线圈回路中串入 KM1 的常闭触点

2. 现有两个接触器 KM1、KM2,欲实现互锁,则应()。

- A. 在 KM1 的线圈回路中串入 KM2 的常开触点
- B. 在 KM1 的线圈回路中串入 KM2 的常闭触点
- C. 在两接触器的线圈回路中互相串入对方的常闭触点
- D. 在两接触器的线圈回路中互相串入对方的常开触点

3. 下面()不是接触器的组成部分。

- A. 电磁机构
- B. 触点系统
- C. 灭弧装置
- D. 脱扣机构

4. 电动机正反转运行中的两接触器必须实现相互间()。

- A. 联锁
- B. 自锁
- C. 禁止
- D. 记忆

5. 为改变电动机的运行方向,可采取()的方法。

- A. 调整其中两相的相序
- B. 调整三相的相序
- C. 定子串电阻
- D. 转子串电阻

6. 接触器在电气控制电路中有哪些作用?

7. 在电动机正转-反转-停止控制电路中,复合按钮已经起到了互锁作用,为什么还要用接触器的常闭触点进行互锁?

8. 三相异步电动机如何由正转变为反转?





任务二

三相异步电动机降压启动控制电路的安装与调试

任务导入

在电动机正反转控制电路中,若电动机启动时加在电动机定子绕组上的电压为额定电压,则这种启动方式属于直接启动,但启动时瞬时电流会达到额定值的 $5 \sim 10$ 倍,会对电气设备造成一定的影响。当电动机的功率大于 10 kW 时,一般采用降压(减压)启动,这样有利于保护电动机线圈,降低瞬时电流对电气线路的冲击,延长电动机的使用寿命。 $Y-\Delta$ (星形-三角形)启动属于降压启动,以牺牲功率为代价来换取启动电流的降低,一般用于启动时负载轻,运行时负载重的笼型电动机启动。

电动机启动时,其定子绕组为星形连接,5 s后电动机的定子绕组转换为三角形连接,电动机进入正常运行状态。

知识链接

一、时间继电器

1. 时间继电器的分类

从获得输入信号(线圈通电或断电)时起,经过一定延时后才有信号输出(触点的闭合或断开)的继电器,称为时间继电器。它是一种利用电磁原理或机械动作原理来延迟触点闭合或分断的自动控制电器。它的种类很多,按其动作原理与构造不同,可分为空气阻尼式时间继电器、电子式时间继电器、电动式时间继电器、电磁式时间继电器等。常用的时间继电器的外形如图 1-22 所示。

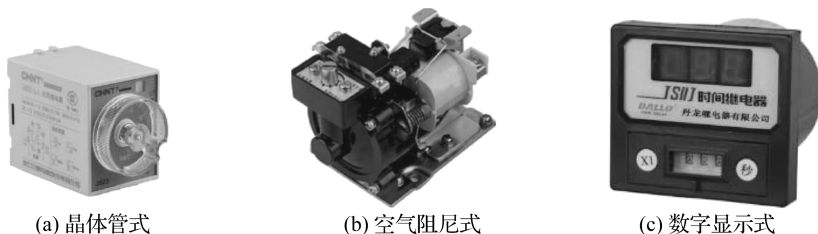


图 1-22 常用的时间继电器的外形

2. 空气阻尼式时间继电器的主要结构和工作原理

1) 空气阻尼式时间继电器的主要结构

空气阻尼式时间继电器在机床中应用最多,根据触点的延时特点,可分为通电延时(如 JS7-1A)与断电延时(如 JS7-4A)两种。

JS7-1A 时间继电器的结构如图 1-23 所示,它主要由电磁机构、延时机构、工作触点等组成。

2) 空气阻尼式时间继电器的工作原理

(1) 通电延时型时间继电器。图 1-24(a)所示为通电延时型时间继电器的



微课
时间继电器



动画
通电延时时间
继电器

