

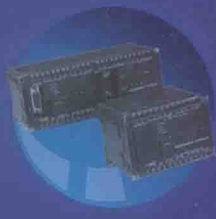


高职高专“十一五”规划教材

DIANQI KONGZHI YU PLC YINGYONG JISHU LISHI YITIHUA XIANGMU JIAOCHENG

电气控制与 PLC应用技术

(理实一体化项目教程)



李俊秀 主编
赵淑娟 金沙 副主编
胡彦奎 主审



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

电气控制与 PLC 应用技术

(理实一体化项目教程)

李俊秀		主 编
赵淑娟	金 沙	副主编
胡彦奎		主 审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是在国家示范性高职院校建设和教学改革的基础上编写而成,结构新颖,内容丰富、实用,针对性强。教材按照基于生产过程的教学模式编写,在内容上将理论与实践结合,采用在实训现场的一体化教学方法,体现了高技能应用型人才培养的特色。

本书共分两个模块和 16 个项目。电气控制技术模块,通过理实一体化项目教学,介绍了常用低压电器、电气基本控制电路和典型机床控制线路,并贯穿了读图、安装、调试、故障分析与检修等实践教学内容;PLC 应用技术模块,以程序编制与调试、PLC 技术应用为主线,以西门子 S7-200 系列 PLC 为对象,系统地介绍了 PLC 的软硬件组成、编程软件与仿真、指令系统及编程、特殊功能模块及应用、PLC 与变频器的应用、PLC 与触摸屏的应用等内容。

本书主要适用于高职高专电气自动化技术、生产过程自动化技术、应用电子技术、机电应用技术、机电一体化、数控技术、仪表自动化技术和计算机应用技术等专业。本书也可供应用型本科、成人教育和中等职业学校有关专业使用,还可供工程技术人员参考和作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 应用技术(理实一体化项目教程) / 李俊秀主编. —北京:化学工业出版社, 2010.6
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-08465-1

I. 电… II. 李… III. ①电气控制-高等学校:技术学院-教材②可编程序控制器-高等学校:技术学院-教材 IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 079944 号

责任编辑:王听讲
责任校对:战河红

文字编辑:吴开亮
装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:北京市彩桥印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 407 千字 2010 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

在工业生产中，电气控制技术应用十分广泛，特别是在机械设备的控制方面，电气控制比其他控制方法使用得更为普遍。随着科学技术的发展，以可编程控制器（PLC）为主体的新型电气控制系统，已广泛应用于各个生产领域。为帮助读者更好地掌握电气控制与 PLC 应用技术，作者在总结多年理论与实践教学的基础上，编写了这本理实一体化项目教程：《电气控制与 PLC 应用技术》。

本教材按照国家职业技能鉴定标准的要求，选编了两个模块、16 个项目和 5 个附录。电气控制技术模块，通过理实一体化教学，介绍了常用低压电器、电气基本控制电路和典型机床控制线路，并贯穿了读图、安装、调试、故障分析与检修等实践教学内容；PLC 应用技术模块，以西门子 S7-200 系列 PLC 为对象，系统介绍了 PLC 的软硬件组成、编程软件与仿真、指令系统及编程、特殊功能模块及应用、PLC 与变频器的应用、PLC 与触摸屏的应用等内容，每个项目都贯穿了程序编制与调试、PLC 技术应用的主线。

本书是在国家示范性高职院校建设和教学改革的基础上编写而成。在内容上，将理论与实践结合，理论以“够用”为度，实践以技能培养为前提；在教学方法上，采用实训现场的一体化教学，通过工学结合实现能力培养；在教学组织上，采用“基于生产过程”的教学模式，通过项目（工作任务）、工作过程（实施任务）、创新训练和项目考核等教学环节，确保做中教，做中学，学有成效。

从教学需要和实际应用出发，书中列举了大量控制案例和技能训练的内容，突出了应用技能和工程实践能力培养的特色，既可用于理实一体化教学，也可指导学生进行实训、课程设计和毕业设计。本课程的参考教学时数为 60~90 学时。我们将为使用本书的教师免费提供电子教案，需要者可以到化学工业出版社教学资源网站 <http://www.cipedu.com.cn> 免费下载使用。

教材的项目 1~项目 4 由赵淑娟编写，项目 5~项目 9、项目 13~项目 15 由李俊秀编写，项目 10~项目 12 由金沙编写，项目 16 和附录由段晓燕编写。李俊秀任主编，赵淑娟、金沙任副主编。全书由李俊秀负责统稿，由胡彦奎教授主审。

本书在编写过程中，得到了中国化工教育协会、化学工业出版社及许多院校和个人的大力支持和帮助，在此表示诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中疏漏和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者
2010 年 5 月

目 录

电气控制技术模块

项目 1	三相交流异步电动机直接启动控制	1
1.1	控制对象(负载)	1
1.2	开关电器	2
1.3	保护电器	3
1.4	控制电路	5
1.5	技能训练	5
	小结	6
	想一想, 做一做	7
项目 2	三相交流异步电动机正反转控制	8
2.1	主令电器	8
2.2	接触器	9
2.3	控制电路	11
2.4	技能训练	14
	小结	15
	想一想, 做一做	15
项目 3	三相交流异步电动机降压启动控制	16
3.1	时间继电器	16
3.2	中间继电器	18
3.3	控制电路	18
3.4	技能训练	21
	小结	22
	想一想, 做一做	22
项目 4	三相交流异步电动机制动控制	23
4.1	低压断路器	23
4.2	速度继电器	24
4.3	控制电路	25
4.4	技能训练	27
	小结	29
	想一想, 做一做	29
项目 5	三相交流异步电动机调速等控制	30
5.1	调速控制	30
5.2	点动/连动控制	31

5.3	多地与多条件控制	32
5.4	顺序控制	32
5.5	技能训练	33
	小结	34
	想一想, 做一做	34
项目 6	CA6140 型车床电气故障检修	35
6.1	车床概述	35
6.2	CA6140 型车床控制电路	36
6.3	CA6140 型车床电气故障检修	37
6.4	技能训练	38
	小结	40
	想一想, 做一做	40
项目 7	X6132 型万能铣床电气安装	42
7.1	铣床概述	42
7.2	X6132 型万能铣床控制电路	43
7.3	X6132 型万能铣床电气安装	46
7.4	技能训练	49
	小结	49
	想一想, 做一做	50
项目 8	MGB1420 型磨床电气调试	51
8.1	磨床概述	51
8.2	MGB1420 型磨床控制电路	51
8.3	MGB1420 型磨床的电气调试	55
8.4	技能训练	57
	小结	57
	想一想, 做一做	57
项目 9	20/5t 桥式起重机电气控制线路分析	59
9.1	起重机概述	59
9.2	20/5t 桥式起重机电气控制线路分析	59
9.3	技能训练	65
	小结	66
	想一想, 做一做	66

PLC 应用技术模块

项目 10	可编程控制器及其硬件认识	68
10.1	可编程控制器概述	68
10.2	PLC 的组成及工作原理	69
10.3	S7-200 主要技术指标及接线端口	74
10.4	技能训练	76
	小结	77
	想一想, 做一做	77

项目 11	编程软件的使用与仿真	78
11.1	S7-200 系列 PLC 编程软元件	78
11.2	编程软件的使用与仿真	81
11.3	技能训练	90
	小结	91
	想一想, 做一做	91
项目 12	基本逻辑指令的编程	92
12.1	点动与连动控制	92
12.2	正反转控制	94
12.3	延时控制	97
12.4	计数控制	101
12.5	Y- Δ 降压启动控制	104
12.6	技能训练	107
	小结	108
	想一想, 做一做	109
项目 13	顺序控制指令的编程	111
13.1	顺序控制功能图	111
13.2	单流程控制	112
13.3	选择分支流程控制	116
13.4	并行分支流程控制	120
13.5	技能训练	124
	小结	125
	想一想, 做一做	125
项目 14	功能指令的编程	129
14.1	数据类型与表达形式	129
14.2	数据传送指令及应用	130
14.3	跳转指令及应用	133
14.4	算术运算指令及应用	135
14.5	子程序与循环指令及应用	143
14.6	比较指令及应用	148
14.7	移位指令及应用	151
14.8	数码显示指令及应用	156
	小结	162
	想一想, 做一做	163
项目 15	PLC 技术的综合应用	164
15.1	扩展模块的编址	164
15.2	模拟量输入模块的使用	166
15.3	模拟量输出模块的使用	169
15.4	中断指令及其应用	171
15.5	高速计数器及其应用	174
15.6	PLC 与变频器的应用	178

15.7 PLC 与触摸屏的应用.....	188
15.8 PID 指令及其应用	194
小结	202
想一想, 做一做	202
项目 16 PLC 控制系统设计	204
16.1 PLC 控制系统设计步骤.....	204
16.2 减少 I/O 点数的方法.....	206
16.3 提高 PLC 控制系统可靠性的措施	208
16.4 PLC 的维护与故障诊断.....	209
16.5 PLC 控制系统设计案例.....	210
16.6 PLC 控制系统设计课题.....	215
附录	221
附录 1 S7-200 系列 CPU 技术规范.....	221
附录 2 S7-200 系列 PLC 部分扩展模块	222
附录 3 S7-200 系列 CPU 存储范围及特性	222
附录 4 S7-200 系列 PLC 指令一览表	224
附录 5 S7-200 系列 PLC 特殊存储器 (SM) 标志位	226
参考文献	231

电气控制技术模块

项目 1 三相交流异步电动机直接启动控制

1.1 控制对象（负载）

1.1.1 三相交流异步电动机

三相交流异步电动机如图 1-1 所示，它是工业生产设备拖动的主要原动机，所以是电气控制的主要控制对象。

三相交流异步电动机主要由定子和转子两大部分组成。三相定子绕组的 6 根出线端接在电动机外壳的接线盒里，其中 U1、V1、W1 为三相绕组的首端，U2、V2、W2 为三相绕组的末端。三相定子绕组根据电源电压和电动机的额定电压，可以接成 Y 形（星形）和 Δ 形（三角形），如图 1-2 所示。

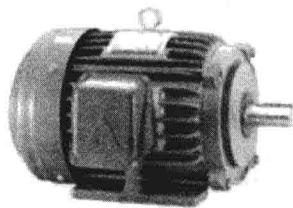
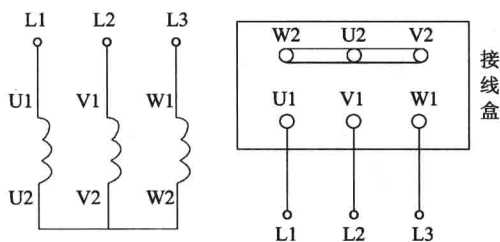
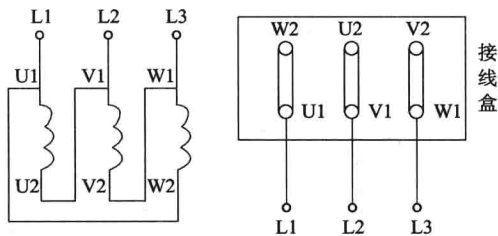


图 1-1 三相交流异步电动机



(a) 定子绕组 Y 形连接



(b) 定子绕组 Δ 形连接

图 1-2 三相交流异步电动机接线方式

在电动机定子绕组中通入三相对称交流电，便在转子空间产生旋转磁场，通过电磁感应使转子上产生力的作用，使转子跟着旋转磁场一起转动，从而将电能转换成机械能输出，以拖动生产设备。电动机转子的转动方向与定子绕组中旋转磁场的旋转方向相同，如果任意对调两根定子绕组接至三相交流电源的导线，旋转磁场的转向随之改变，即可改变电动机转子的旋转方向。

1.1.2 电磁阀

电磁阀是一种控制器件，主要用于液体和气体管路的开关控制。但在 PLC 控制系统中，电磁阀往往作为 PLC 驱动的负载，通过电磁阀再实现对液体或气体介质的控制。

电磁阀的类型很多，主要由阀体、阀门（膜片）、弹簧、动铁芯、静铁芯和线圈等部分组成，如图 1-3 所示。当给电磁阀线圈加

上控制信号时，电磁阀内就产生一个电磁力，这个电磁力驱动动铁芯动作，从而实现阀门的开闭。

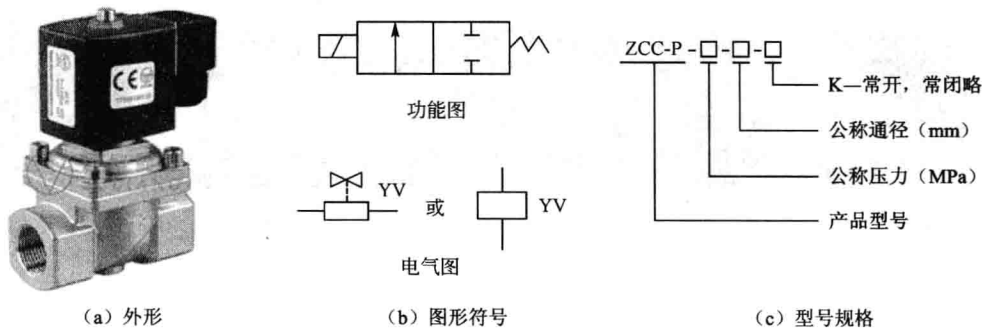


图 1-3 电磁阀

1.2 开关电器

1.2.1 开启式刀开关

开启式刀开关是一种手动电器，如图 1-4 所示，常用于不频繁接通或分断线路以及直接控制小容量电动机的场合，也可用来隔离电源，确保检修安全。

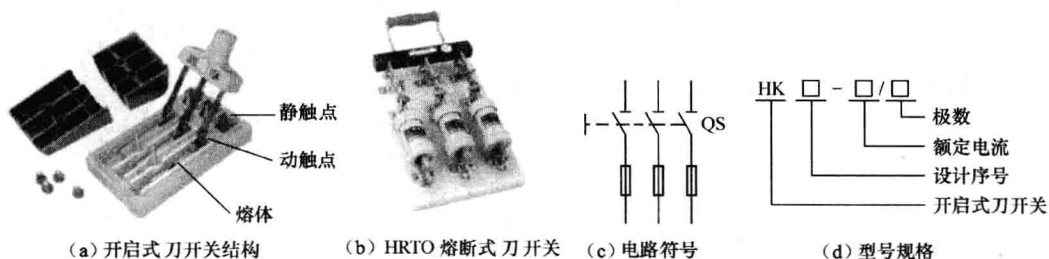


图 1-4 开启式刀开关

开启式刀开关必须垂直安装，不得倒装或平装，上方接线端接电源，下方接线端接负载。

1.2.2 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关由带灭弧罩的刀开关和熔断器组合而成，既可带负荷通断电路，又可实现短路保护，俗称铁壳开关，如图 1-5 所示，一般用于小容量交流异步电动机的控制。

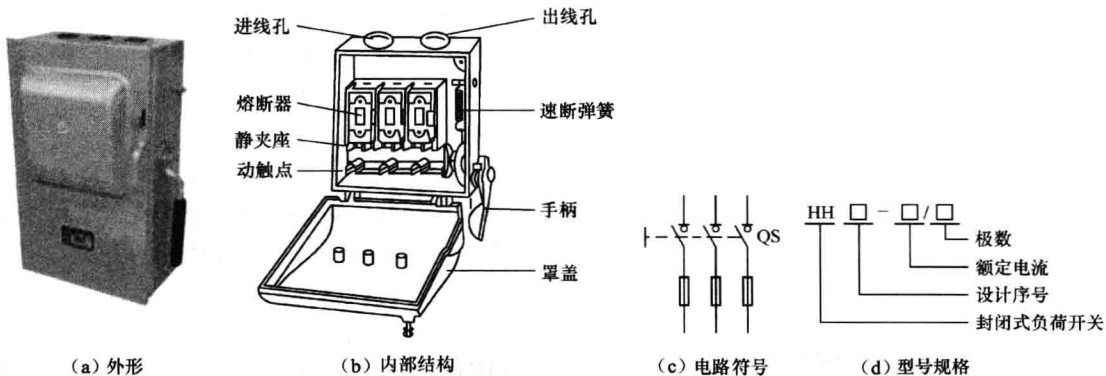


图 1-5 封闭式负荷开关

1.2.3 组合开关

组合开关又称转换开关，如图 1-6 所示，常用作电源隔离开关及小电流电路的控制。

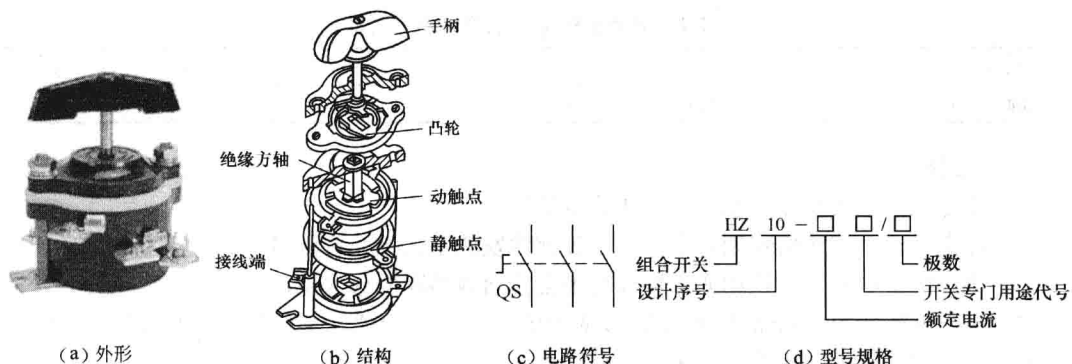


图 1-6 组合开关

1.3 保护电器

1.3.1 熔断器

1. 结构型号及安秒特性

熔断器是一种过流保护电器，主要由熔体、熔管和熔座三部分组成，如图 1-7 所示。熔体一般为丝状或片状，制作熔体的材料一般为铅锡合金、锌、铜和银；熔管用于安装熔体和填充灭弧介质；熔座起固定熔管和连接引线的作用。

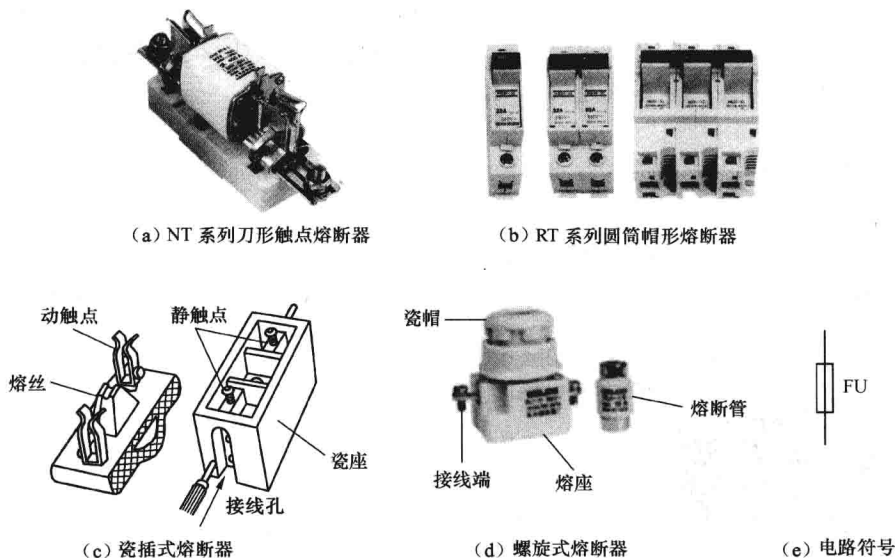


图 1-7 熔断器

常用的熔断器有瓷插式（RC 系列）、螺旋式（RL 系列）、无填料封闭管式（RM 系列）、有填料封闭管式（NT 及 RT 系列）和快速熔断器（RS 系列）等。

熔断器串接在被保护的电路中，当电路中电流超过规定值一定时间后，以其本身产生的热量

使熔体熔化而分断电路，起到保护的作用。通过熔断器的电流越大，熔体熔断越快，熔断器的这一特性称为安秒特性或保护特性，如表 1-1 所示。表中 I_N 为熔体的额定电流。

表 1-1 熔断器的熔断电流与熔断时间

熔断电流 / A	$1.25I_N$	$1.6I_N$	$2I_N$	$2.5I_N$	$3I_N$	$4I_N$	$8I_N$
熔断时间 / s	∞	3600	40	8	4.5	2.5	1

2. 主要技术参数

- (1) 额定电压 熔断器长期安全工作的电压。
 - (2) 额定电流 熔断器长期安全工作（各部件发热不超过允许温度）的电流。
 - (3) 熔体额定电流 指长期通过熔体而不会使熔体熔断的最大电流。
 - (4) 极限分断能力 指熔断器能可靠分断的最大短路电流值，它反映了熔断器的灭弧能力。
- RL7 系列熔断器的技术数据如表 1-2 所示。

表 1-2 RL7 系列熔断器技术数据

型号	额定电压 / V	额定电流 / A		极限分断能力 / kA
		熔管	熔体	
RL7	660	25	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25	50 ($\cos\varphi=0.1\sim 0.2$)
		63	35, 50, 63	
		100	80, 100	

3. 熔体额定电流的选择

- (1) 照明和电热负载 熔体额定电流应等于或稍大于负载的额定电流。
- (2) 单台电动机负载 熔体额定电流应大于或等于电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。
- (3) 频繁启动的电动机 熔体额定电流应大于或等于电动机额定电流的 3.5~8 倍。
- (4) 对于多台电动机 熔体额定电流应大于或等于其中最大功率电动机额定电流的 1.5~2.5 倍，再加上其余电动机的额定电流之和。

1.3.2 热继电器

热继电器是利用电流热效应工作的保护电器，主要用于电动机过载、断相、电流不平衡运行等发热状态的保护。

图 1-8 所示为两相双金属片式热继电器，它主要由热元件、双金属片、传动推杆、常闭触点、电流整定旋钮和复位杆组成。热继电器的电路符号如图 1-8 (c) 所示，其文字符号为 KH 或 FR。

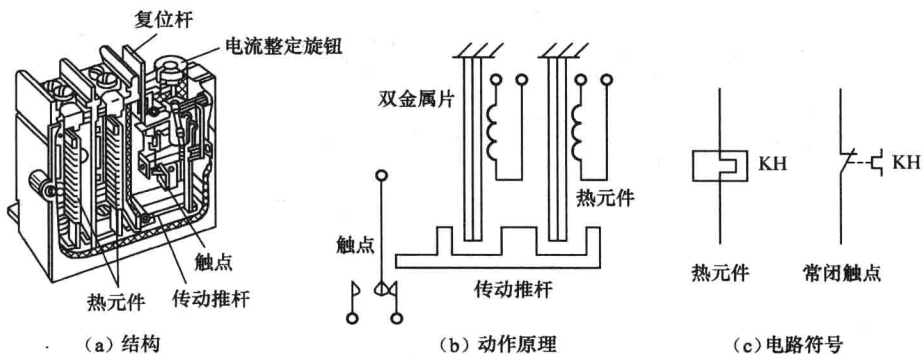


图 1-8 热继电器

热继电器的型号如图 1-9 所示。热继电器的种类很多,常用的有 JR0、JR16、JR20、JRS1、JRS2 等系列,其中 JR16 系列带有断相保护装置,可用于 Δ 形接线电动机的断相保护。

热继电器的整定电流应大于或等于电动机的额定电流。

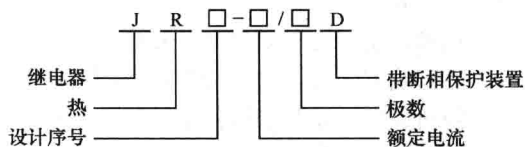


图 1-9 热继电器型号

1.4 控制电路

1.4.1 电气控制系统图

电气控制系统图主要有三种形式:电气原理图、电器布置图和电气安装接线图。

电气原理图是按照国家标准规定的图形符号和文字符号,根据控制要求和各电器的动作原理绘制的电气图,它是分析电路工作原理,安装、调试和检修电路的依据。

电器布置图表示电气设备上所有电器元件的实际安装位置。

电气安装接线图表示各电器元件之间的电气连接,主要用于控制屏(盘)的安装接线、线路检查、线路维修和故障处理。

1.4.2 电动机直接启动控制电路

1. 负荷开关控制

如图 1-10 所示,负荷开关 QL 起控制作用,熔断器 FU 用于短路保护。

2. 接触器控制

如图 1-11 所示,刀开关 QS 用于隔离电源,接触器 KM 起控制作用,熔断器 FU1、FU2 用于短路保护,热继电器 KH 实现过载保护。

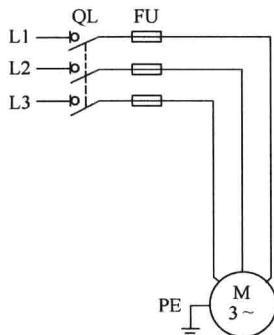


图 1-10 负荷开关控制

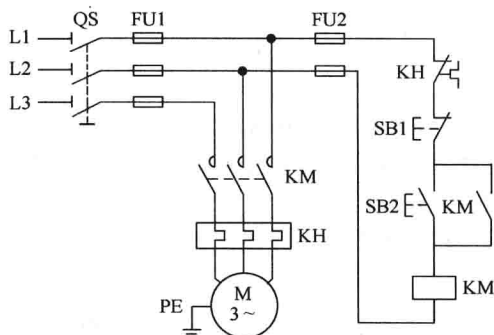


图 1-11 接触器控制

启动:按下启动按钮 SB2→接触器 KM 得电并自锁→KM 主触点闭合→电动机 M 通电运转。

停止:按下停止按钮 SB1→接触器 KM 失电并解除自锁→KM 主触点断开→电动机 M 断电停转。

1.5 技能训练

1.5.1 工作任务及要求

1. 工作任务

三相交流异步电动机直接启动控制电路的安装与操作。

2. 工作要求

- ① 正确识别、选用负荷开关和熔断器；查询了解控制按钮和接触器的结构及用途。
- ② 能正确安装和操作负荷开关直接启停电动机的控制电路（图 1-10）。
- ③ 创新训练：安装和操作接触器直接启停电动机的控制电路（图 1-11）。

1.5.2 实训设备及器材

实训设备及器材详见表 1-3。

表 1-3 实训设备及器材

序号	名称	型号与规格	单位	数量
1	工具、仪表	验电笔、钢丝钳、旋具（十字、一字）、电工刀、尖嘴钳、活扳手、万用表等	套	1
2	网孔板		面	1
3	低压开关	HK2-30/3	只	1
4	熔断器	RL7-63/35	个	3
5	熔断器	RL7-25/10	个	2
6	按钮	LA10-3H	个	2
7	接触器	CJ20-10（线圈电压 380V）	个	1
8	热继电器	JR16-40/3	个	1
9	导线	BVR-1.5	米	若干
10	电动机	根据实训设备自定（选 3kW 以下小功率电动机）	台	1

1.5.3 工作过程

明确控制电路→准备实训设备及器材→绘制电器布置图并安装设备→绘制电气安装接线图并配线→线路及绝缘检查→通电试车。

注意：不可带电安装设备或连接导线；断开电源后才能进行故障处理。通电检查和试车时必须通知指导老师及附近人员，在有指导教师现场监护的情况下才能通电试车。

1.5.4 项目考核

1. 分组考核（成绩占 50%）

按照工作过程分步考核，考查工作任务完成的进度、质量及创新点。

2. 单独考核（成绩占 40%）

按项目考核，考查相关技能是否掌握。

3. 综合素质考核（成绩占 10%）

按工作过程考核，考查安全、卫生、文明操作及团队协作精神。



小结

① 刀开关用于不频繁地接通或分断小容量电动机控制电路，也可用来隔离电源，确保检修安全。封闭式负荷开关既可带负荷通断电路，又可实现短路保护。

② 熔断器主要用于线路或电动机的短路保护。常用的熔断器有瓷插式（RC 系列）、螺旋式（RL 系列）、无填料封闭管式（RM 系列）、有填料封闭管式（NT 及 RT 系列）和快速熔断器（RS 系列）等。

③ 热继电器主要用于电动机过载、断相、电流不平衡运行等发热状态的保护。



想一想

做一做

1. 请查询：按照国家标准规定，启动按钮与停止按钮应该是什么颜色？
2. 请查询：接触器的用途、结构、工作原理和图形符号。
3. 请思考：电气控制线路中，熔断器和热继电器的保护作用有什么不同？为什么？
4. 请思考：电动机的启动电流很大，启动时热继电器是否应该动作？为什么？
5. 请动手：写出下列电器的作用、图形符号和文字符号。
 - (1) 负荷开关
 - (2) 熔断器
 - (3) 热继电器
 - (4) 交流接触器
6. 请动手：试设计一个控制电路，既能实现电动机的点动操作，又能实现电动机的连动操作，并在网孔板上安装、调试、运行。

项目 2 三相交流异步电动机正反转控制

2.1 主令电器

主令电器是在控制电路中用于发送或转换控制指令的电器。常用的主令电器有控制按钮、行程开关、主令控制器和万能转换开关等。

2.1.1 控制按钮

控制按钮简称按钮，在控制电路中用于手动发出控制信号，去操纵接触器、继电器或电气联锁电路，以实现生产机械各种运动的控制。

按钮的结构如图 2-1 (a) 所示，主要由按钮帽、复位弹簧、动断触点、动合触点和外壳组成，按钮帽具有不同的颜色，其内部可装入信号指示灯。

按钮有常开按钮、常闭按钮和复合按钮之分，其电路符号如图 2-1 (b) 所示。为了便于识别按钮的作用，通常在按钮帽上做出不同的标记或颜色，如蘑菇形表示急停按钮，红色表示停止按钮，绿色表示启动按钮。一钮两用（启动/停止）不得使用绿色、红色，应选用黑色、白色或灰色按钮。常用的按钮有 LAY3、LAY6、LA20、LA25、LA101、LA38 和 NP1 等系列。

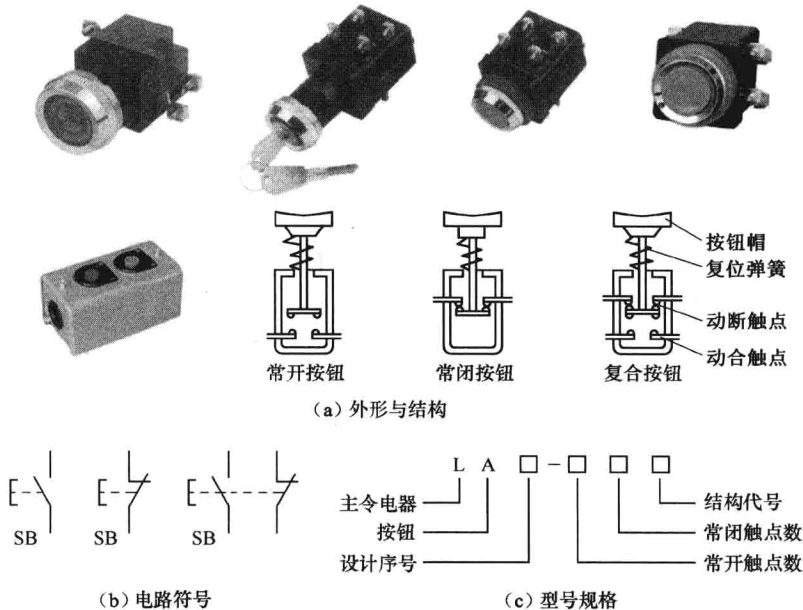


图 2-1 控制按钮

2.1.2 行程开关

行程开关又称限位开关，是依据生产机械的行程发出命令以控制其运行方向或行程长短的主令电器，其作用、结构与按钮类同，只是操作方式不同，按钮为手动操作，而行程开关是机动操作。

行程开关的外形、电路图形符号及型号规格如图 2-2 所示。常用的行程开关有 LX19、LX32、LX33 和微动开关 LW11、LXK3 等系列。

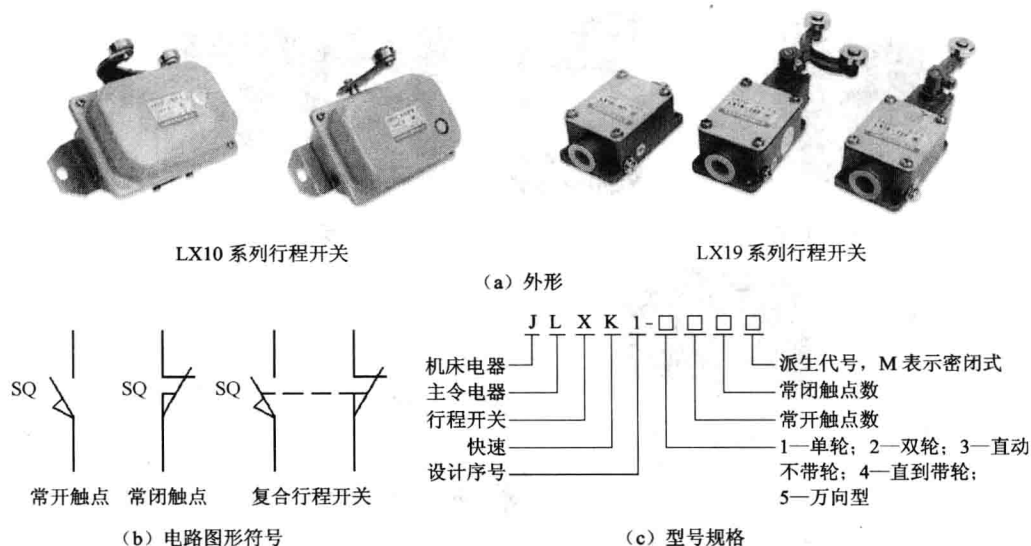


图 2-2 行程开关

2.2 接触器

接触器是控制电器，具有控制容量大、工作可靠、操作频率高、使用寿命长和便于自动控制的特点。由于它本身仅有欠压或失压保护功能，因此常与熔断器、热继电器配合使用。

2.2.1 结构原理

接触器的结构如图 2-3 所示，主要由电磁系统、触点系统和灭弧装置等组成。其工作原理是将电磁能转换为机械能，带动触点动作，使触点闭合或断开，实现电路的通断控制。

(1) 电磁系统 电磁系统主要由线圈、静铁芯和衔铁三部分组成。为了消除衔铁在铁芯上的振动和噪音，铁芯上设有短路环。铁芯用硅钢片叠压而成。

(2) 触点系统 交流接触器采用双断点桥式触点，有 3 对主触点、2 对常开和 2 对常闭辅助触点。

(3) 灭弧装置 通常主触点额定电流在 10A 以上的接触器都带有灭弧罩，其作用是减小和消除触点电弧，确保操作安全。

交流接触器的外形、结构、电路图形符号及型号规格如图 2-4 所示。

2.2.2 主要技术参数

(1) 额定电压 接触器名牌上的额定电压指主触点的额定电压，交流电压分 127V、220V、380V 和 500V 几个等级。

(2) 额定电流 接触器名牌上的额定电流指主触点的额定电流，交流电流分 10A、20A、40A、

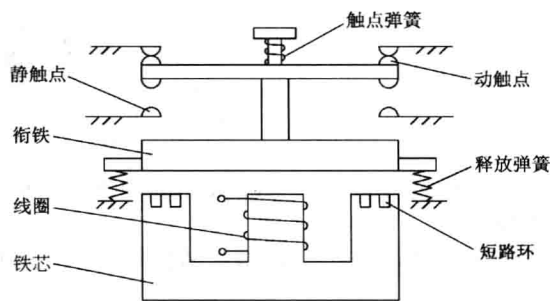


图 2-3 交流接触器结构