

高职高专通用教材

PLC原理与应用

(修订版)

—— 李树雄 主 编 ——



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

高职高专通用教材

PLC 原理与应用

(修订版)

李树雄 主编

北京航空航天大学出版社

内容简介

本书在内容上进行了大幅度修订,将工厂电气控制设备、PLC 技术、变频器技术、触摸屏技术四门课程进行整合,融为一体。全书分为 9 章,主要包括:继电器接触器控制系统;PLC 概述及系统构成;FP1 指令系统及其应用;FP1 的特殊功能及高级模块;松下编程软件 FPWIN GR 使用简介;PLC 应用设计;其他常见 PLC 产品;触摸屏、变频器及其应用;实验指导。

本书可作为高职高专(二年或三年制)、成人教育电气工程及自动化、机械制造与电气自动化、机电等专业教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 原理与应用/李树雄主编. —修订本. —北京:
北京航空航天大学出版社,2013.1
ISBN 978-7-5124-0011-5

I. ①P… II. ①李… III. ①plc 技术 IV.
①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 315092 号

版权所有,侵权必究。

PLC 原理与应用(修订版)

李树雄 主编

责任编辑 张冀青

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京市同江印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:21 字数:470 千字

2006 年 10 月第 1 版 2013 年 1 月修订第 1 次印刷 印数:4000 册

ISBN 978-7-5124-0011-5 定价:36.00 元

修订版前言

本书是编者依据对松下电工 PLC 近 30 年的高等职业教育、培训和工程实践经验编写而成。

本书在内容上进行了较大幅度的修订,将工厂电气控制设备、PLC 技术、变频器技术、触摸屏技术四门课程进行了有机整合,使其融为一体。删除了陈旧过时,以及偏多偏深内容,努力反映新技术。在编写中以培养高技能型人才为目标,以培养工程应用为出发点,站在系统应用角度,力求反映控制思维的全过程,结合工业生产实际,以工程实例为主线,注重理论联系实际。加强对重点内容的文字叙述,突出内容的科学性和通俗性,增加了实例和插图,力图帮助读者通过自学理解和掌握相关技术。

全书共分 9 章,重新编写了第 4~9 章,并对 1~3 章作了修改。其中增加了“触摸屏、变频器及其应用”一章,可拓宽读者的知识面。在第 5 章中,删繁就简,重点介绍了软件的一般使用方法,读者可在此基础上通过上机自学提高软件使用能力。在第 7 章中,增加了对西门子 S7-200、三菱 FX_{2N}、欧姆龙(OMRON)CPM1A 三种机型的介绍。

本书可作为二年制或三年制高职高专、成人教育电气工程及自动化、机械制造与电气自动化、机电等相关专业教材,也可供相关工程技术人员参考。本书有相应的电子教案,可供广大教师和学生使用。

本书由李树雄担任主编,并负责全书的修订和统稿。其中,第 1~3、8 章、修订版前言和附录由李树雄编写,第 4、6 章由陈红编写,第 5 章由蔡姗姗编写,第 7、9 章由刘振昌编写。

本书的第一版在使用过程中得到多所高校同仁的悉心指导,并提出很多积极建议。正是由于他们的热情关注,我们才下定决心进行本书的修订。在修订过程中,松下电器(中国)有限公司控制机器营业本部无偿提供了设备支持,李庭弼先生多次提出修改意见,并给予技术指导,在此一并向他们表示衷心感谢。

限于编者水平,书中难免有疏漏和不妥之处,诚望读者不吝指正。

作者 E-mail: yefan200165@yahoo.com.cn。

作 者

2012 年 12 月

本书还配有教学课件。需要用于教学的教师,请与北京航空航天大学出版社联系。

E-mail: bhkejian@126.com

电 话: 010-82317027

前 言

PLC(可编程控制器)是专门为工业控制应用而设计的一种通用控制器。它以微处理器为核心,是将计算机技术、自动化技术、通信技术及传统的继电器控制技术融为一体的新型工业控制装置,具有编程容易、结构简单、体积小、使用灵活方便、抗干扰能力强、可靠性高等一系列优点。近些年来,PLC 在制药、冶金、化工、电力、机械、石油、煤炭、交通、环保、轻工、建材、食品等工业生产的许多领域都得到了广泛应用,已成为工业自动化的三大支柱之一。

随着可编程控制器的广泛应用,对 PLC 技术人才的需求明显增加。因此,学习和掌握其原理及应用设计,对高职、高专院校自动化、机电等相关专业的学生和广大科技工作者是十分重要的。为了满足这种需要,我们在总结了多年教学经验和科研工作的基础上,编写了这本教材。

本书以日本松下电工 FP1 系列 PLC 为样机,详细介绍了 PLC 的原理、指令系统和系统设计三部分。日本松下小型机以其体积小、指令丰富、功能强大在国际同类产品享有盛誉,在市场份额中占有重要一席。读者只要掌握了该机型的指令系统,对其他机型可收到触类旁通、举一反三的效果。

本书还用了近一章的篇幅,介绍了 OMRON 公司 C200H 型 PLC 的系统构成及指令系统。简要介绍了日本三菱电机公司 F1 型及德国西门子公司 S7-200 型的功能和特点,以期拓宽读者的知识面,增加对 PLC 的全面了解。

在编写过程中,我们根据高职、高专院校学生的特点,力求做到“浅、宽、高、新、用”。在机型选择上注重高水平、新产品。在浅、宽、用上,不求深,但求广,突出实际应用。去除了应用性很小,理论性又较强的内容,或者只作简要介绍。重点突出地介绍了常用指令及程序设计方法,并介绍了许多具有实际应用价值的程序,为读者进行实际程序设计提供了重要帮助。此外,在编写上我们力求文字通俗化,加强对重点内容的文字叙述,注意让教师好教,学生好学。

本书共分 8 章,考虑到专业不同,所授课时不同,可以根据实际情况适当取舍。例如,如果学生已开设了有关继电器接触器控制的相关课程,第 1 章可不讲,直接进入

第2章,不会影响教学连续性。又如,关于PLC软件学习的第5章,建议只作适当介绍,让学生能够掌握一般的程序录入、修改、运行即可,更多的内容应该由学生上机自学。教学的重点应放在指令的介绍、典型程序的分析,以及设计思想等方面,为学生在程序设计上打下基础。

本书由李树雄担任主编,并负责全书的修改和统稿。其中,第1、2、3、6章及前言和附录由李树雄编写。第4章的1~3节和第7、8章由闫虎民编写。第4章的第4节和第5章由方强编写。

本书在编写过程中得到天津工程师范学院李全利副教授、常斗南教授,河北工业大学张乃宽教授的悉心指导。曾昭成、张鸿珍先生为本书编写提供了大量资料。本书部分插图由胡昱、毕晔帮助绘制。在此一并向他们表示衷心的感谢。同时,还要感谢日本松下电工(中国)有限公司李庭弼先生的鼎力协助。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

作者 E-mail: yefan200165@yahoo.com.cn。

作 者

2006年7月

目 录

第 1 章 继电接触器控制系统	1
1.1 概 述	1
1.2 常用低压电器	2
1.2.1 按钮与开关	2
1.2.2 接触器与继电器	4
1.3 常用控制线路	7
1.3.1 电气控制线路图的绘制及读图	7
1.3.2 基本控制线路	11
1.3.3 电动机控制的保护环节	20
1.3.4 控制线路连线的基本原则	22
小 结	24
习题与思考题	25
第 2 章 PLC 概述及系统构成	26
2.1 PLC 的历史与发展	26
2.1.1 PLC 的定义	26
2.1.2 PLC 的产生与发展	27
2.2 PLC 的特点及应用领域	29
2.2.1 PLC 的特点	29
2.2.2 PLC 的应用领域	30
2.3 PLC 的一般构成和基本工作原理	31
2.3.1 PLC 的一般构成	31
2.3.2 PLC 的基本工作原理	36
2.4 PLC 的编程语言	37
2.4.1 梯形图语言	38
2.4.2 助记符语言	39
2.4.3 逻辑功能图	39
2.5 PLC 的性能指标与分类	40
2.5.1 PLC 的主要性能指标	40
2.5.2 PLC 的分类	42
2.6 继电接触器线路图转换 PLC 梯形图	43

2.7 FP1 的类型、规格及特点	46
2.8 FP1 技术性能	54
2.9 FP1 内部寄存器及 I/O 配置	56
小 结	60
习题与思考题	61
第3章 FP1 指令系统及其应用	63
3.1 基本指令及其应用	63
3.1.1 基本顺序指令	64
3.1.2 基本功能指令	71
3.1.3 控制指令	78
3.1.4 条件比较指令	84
3.2 高级指令及其应用	87
3.2.1 高级指令类型及构成	87
3.2.2 数据传输指令	89
3.2.3 算术运算指令	92
3.2.4 数据比较指令	95
3.2.5 逻辑运算指令	98
3.2.6 数据转换指令	99
3.2.7 数据移位指令	108
3.2.8 位操作指令	110
3.3 指令表	112
3.3.1 基本指令类型	112
3.3.2 高级指令类型	117
小 结	126
习题与思考题	127
第4章 FP1 的特殊功能及高级模块	129
4.1 FP1 的特殊功能	129
4.1.1 脉冲捕捉功能	129
4.1.2 输入延时滤波功能	130
4.1.3 脉冲输出功能	131
4.1.4 高速计数功能	131
4.1.5 中断功能	138
4.2 FP1 的高级模块	141
4.2.1 A/D 模块	142

4.2.2 D/A 模块	144
4.3 FP1 的通信功能	147
4.3.1 通信的基本概念	147
4.3.2 FP1 的通信接口	149
4.3.3 FP1 的通信方式	150
4.3.4 专用通信协议 MEWTOCOL	152
小 结	152
习题与思考题	152
第 5 章 松下编程软件 FPWIN GR 使用简介	154
5.1 FPWIN GR 基本使用概述	154
5.1.1 FPWIN GR 的启动和退出	154
5.1.2 基本操作	156
5.2 基本指令输入方法	161
5.3 程序的修改	166
5.4 程序传输与监控	167
小 结	174
习题与思考题	174
第 6 章 PLC 的应用设计	175
6.1 PLC 机型选择	175
6.1.1 采用 PLC 控制的一般条件	175
6.1.2 PLC 机型选择的基本原则	175
6.2 PLC 程序设计的步骤、规则及编程技巧	176
6.2.1 程序设计的基本步骤	176
6.2.2 程序设计的基本规则	177
6.2.3 编程技巧	178
6.3 基本应用程序	180
6.3.1 启动、保持、停止控制	180
6.3.2 互锁控制和互控控制	181
6.3.3 时间控制	182
6.3.4 顺序延时接通控制	186
6.3.5 顺序循环控制	187
6.4 应用程序举例	188
6.4.1 电动机正反转控制	188
6.4.2 运料小车控制	189

6.4.3	物流检测控制	191
6.4.4	停车场显示装置控制	192
6.4.5	多台电动机启动、停止控制	193
6.4.6	广场喷泉控制	195
6.4.7	抢答器控制	196
6.4.8	小车自动寻址控制	198
6.4.9	密码锁程序设计	201
6.4.10	投票表决系统程序设计	202
6.4.11	机械手控制	203
小 结		206
习题与思考题		207
第7章 其他常见 PLC 产品		209
7.1 西门子 S7-200 系列 PLC		209
7.1.1 S7-200 系列 PLC 概述		209
7.1.2 S7-200 系列 PLC 的硬件配置		210
7.1.3 S7-200 系列 PLC 内的元器件		214
7.1.4 S7-200 系列 PLC 基本指令系统		216
7.2 三菱 FX _{2N} 系列 PLC		227
7.2.1 FX _{2N} 系列 PLC 的系统配置		227
7.2.2 FX _{2N} 系列 PLC 基本指令系统		231
7.3 西门子 S7-200 与三菱 FX _{2N} 基本指令比照		232
7.4 OMRON CPM1A 系列 PLC		235
7.4.1 CPM1A 系列 PLC 的硬件配置		235
7.4.2 CPM1A 系列 PLC 的编程元件		237
7.4.3 OMRON C 系列 PLC 指令系统		240
小 结		242
习题与思考题		242
第8章 触摸屏、变频器及其应用		243
8.1 触摸屏概述		243
8.1.1 触摸屏应用场合及基本工作原理		243
8.1.2 触摸屏特点与分类		244
8.2 日本松下触摸屏简介		248
8.2.1 GT 主体的主要特点和注意事项		248
8.2.2 GT32 的规格、各部位名称和功能		249

8.2.3 触摸屏与计算机和 PLC 的连接	250
8.3 GTWIN 软件使用	252
8.3.1 GTWIN 的基本使用	252
8.3.2 GTWIN 常用部件制作方法	256
8.4 变频器概述	269
8.5 VF0 系列松下变频器的结构和接线	271
8.5.1 VF0 系列主要功能特点及其结构	272
8.5.2 变频器的安装以及与电动机、PLC 的连接	276
8.5.3 VF0—200V 变频器参数设定	279
8.6 变频器的控制方法	283
8.6.1 面板操作方法	283
8.6.2 外控方法	285
8.6.3 应用举例	289
小 结	292
习题与思考题	293
第 9 章 实验指导	295
实验一 继电器接触器控制 1	295
实验二 继电器接触器控制 2	296
实验三 基本指令应用 1	297
实验四 基本指令应用 2	297
实验五 基本指令应用 3	298
实验六 霓虹灯控制	298
实验七 数据处理与显示	300
实验八 交通灯信号控制	301
实验九 三层楼电梯自动控制	303
附 录	305
参考文献	322

第 1 章

继电器接触器控制系统

继电器接触器控制是一门重要的控制技术,尤其在电力拖动等领域的控制中,应用十分广泛。本章首先对继电器接触器控制作一概述;然后,介绍常用的低压电器,包括它们的基本构成、工作原理,并从应用的角度介绍常用的基本控制线路,以及连线的基本原则。

1.1 概 述

自动生产线、各种功能的机械手和多工位、多工序自动机床等设备,在自动控制过程中大多以电动机作为动力。电动机是通过某种控制方式接受控制的。其中以各种有触点的继电器、接触器、行程开关等自动控制电器组成的控制线路称为继电器接触器控制方式。

继电器接触器控制经历了比较长的发展历史。我国从 20 世纪 50 年代开始对新建的工业控制采用这种控制方式。随着电力拖动、自动控制的发展,继电器接触器控制方式得到迅速推广,对当时我国工业建设和国民经济发展起到了巨大推动作用。直至 20 世纪 80 年代,我国的大部分自动控制仍然采用这种方式。但随着自动化水平的不断提高,控制系统更加复杂,继电器接触器控制的缺点就明显显现出来。一个大型的控制系统可能会使用成百上千个各式各样的继电器、接触器,使接线和安装工作量很大;而最大的问题是控制线路的专一性。在生产过程中,可能会需要改变生产工艺,这就要求改变控制程序。此外,在生产过程的试运转期,控制程序也经常发生变更,这就意味着要改动控制柜内的电器和接线。这种改变往往费用高、工期长,以至于有的用户宁愿扔掉旧的控制柜去制作一台新的控制柜。这些固有的缺点,给日新月异的工业生产带来了不可逾越的障碍,由此人们产生了一种寻找新型控制装置的想法。

20 世纪 70 年代开发了新型控制装置——顺序控制器。它采用的是晶体管无触点的逻辑控制,通过在矩阵板上插接晶体管实现编程。它的主要特点是:可以满足程序经常改变的要求,比继电器接触器控制增加了灵活性、通用性,而且可靠性提高,使用操作比较方便。但它仍属于硬件组成的顺序控制装置,程序更改仍然不很方便。随着 PLC 的出现,顺序控制器很快淡出了市场。因为 PLC 以软件形式完成顺序逻辑控制,用计算机手段实施操作,所以程序的更改十分方便。加上得益于类似计算机的高可靠性和高运算速度,PLC 一经出现立即得到广泛应用,而且逐渐取代了复杂的继电器接触器控制。但是,由于构成继电器接触器控制的各种低压电器的特殊性,继电器接触器控制不可能完全被取代。这不仅仅因为它是一种成熟、完善的技术,而且它是 PLC 的基础。此外,几乎所有的 PLC 的输入、输出仍然都要与这些电器相连接,通

过它们将输入信号送给 PLC,再通过它们将 PLC 的输出信号传送给负载,带动执行机构动作。因此,学习常用的低压电器,掌握一些常用的继电接触器控制线路是十分必要的。

1.2 常用低压电器

在电能的产生、输送与使用中,电路中需装有多种电气元件,用它们来分合电路,以达到控制、调节与保护目的。这些电气元件统称为电器。

电器的功能多、用途广,品种规格繁多。按工作电压等级分为高压电器(用于交流电压 1 200 V,直流电压 1 500 V 以上电路中的电器)和低压电器(用于交流 50 Hz,额定电压 1 200 V 以下,直流额定电压 1 500 V 以下电路中的电器)。本节仅就常用的低压电器作些介绍,包括按钮、开关、熔断器、接触器、继电器。

1.2.1 按钮与开关

按钮及开关是用来改变控制系统工作状态的电器,主要包括按钮、刀开关、自动开关、行程开关等。

1. 按 钮

按钮是手动开关,通常用来接通或断开小电流控制的电路。在结构上一般分为掀钮式、紧急式、钥匙式和旋钮式。其中紧急式表示紧急操作,按钮上装有蘑菇形钮帽,颜色为红色,一般安装在操作台(控制柜)明显位置上。按钮分为常开按钮、常闭按钮,以及将常开、常闭封装在一起的复合按钮。图 1-1 所示为按钮结构示意图及符号。

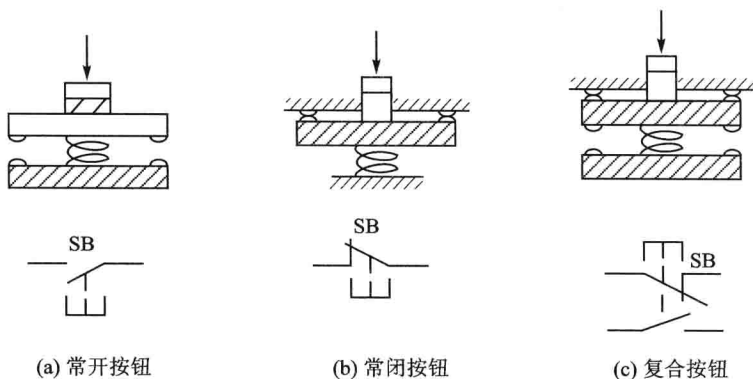


图 1-1 按钮结构示意图及符号

由图 1-1 可知,常开按钮平时触点分开,手按下时触点闭合,手抬起时触点分开。常闭按

钮工作过程与其恰恰相反。

按钮主要依据所需的触点数、使用的场合及颜色来选择。为避免按钮误操作,通常将按钮帽做成红、绿、黑、黄、蓝、白、灰等颜色。按照国标 GB 5226—85 规定,“停止”和“急停”按钮必须用红色;“启动”按钮用绿色;“启动”与“停止”交替动作的按钮用黑色、白色或灰色,不能用红色或绿色;“点动”按钮用黑色,等等。

常用按钮的型号有 LA 2、LA 10、LA 18、LA 19、LA 20 及新型号 LA 25;除此之外,还有引进的国外其他系列产品。

按钮一般适用于交流电压 500 V 以下、直流电压 440 V 以下、额定电流 5 A 以下的控制线路中。

2. 刀开关

刀开关又称闸刀,主要用来接通和切断长期工作设备的电源,也可以对小容量电动机(小于 7.5 kW)作不频繁的直接启动。刀开关主要类型有:带熔断器的开启式负荷开关(胶盖开关),带灭弧装置和熔断器的封闭式负荷开关(铁壳开关)等。刀开关主要根据电源种类、所需极数、额定电压、电流值、电动机容量及使用场合来选择。选择时刀的极数要与电源进线数相等,刀开关的额定电压应大于所控制线路的额定电压,刀开关的额定电流应大于负载的额定电流。刀开关结构示意图及符号如图 1-2 所示。

3. 自动开关

自动开关又称低压断路器,在自动控制中有着广泛应用。这是因为它不仅可以用来对不频繁的接通和断开电路以及电动机实施控制,而且它本身具有对过载、短路及欠压、失压的保护作用,在分断故障电流后无需更换零部件。自动开关的结构有框架式和装置式。框架式为敞开式结构,适用大容量配电装置;装置式有塑料外壳封闭,广泛用于工业自动控制及建筑物内作电源线路保护。

选择自动开关主要考虑额定工作电压、电流、极数及允许切断的极限电流。极限电流至少要等于电路的最大短路电流,以保证分断的安全可靠。自动开关的图形符号如图 1-3 所示。

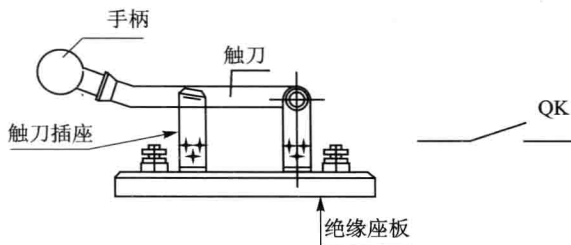


图 1-2 刀开关结构示意图及符号

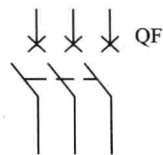


图 1-3 自动开关的图形符号

4. 行程开关

行程开关主要用于检测工作机械的位置,发出命令以控制其运动方向和行程长短。它的作用原理与按钮类似,是靠外加机械力碰撞行程开关的顶杆,使触点接通或断开,实现对电路的控制。行程开关按结构分为直动式、滚动式、微动式;按工作速度分为瞬动式、慢动式;按复位方式分为自动复位式、非自动复位式等。行程开关的选择主要根据机械位置对结构形式的要求,对常开、常闭触点数目的要求,以及电压种类、额定电压、电流值大小来确定其型号。行程开关种类很多,常用的有 LX 10、LX 21、JLXK 1 等系列。行程开关结构示意图及符号如图 1-4 所示。

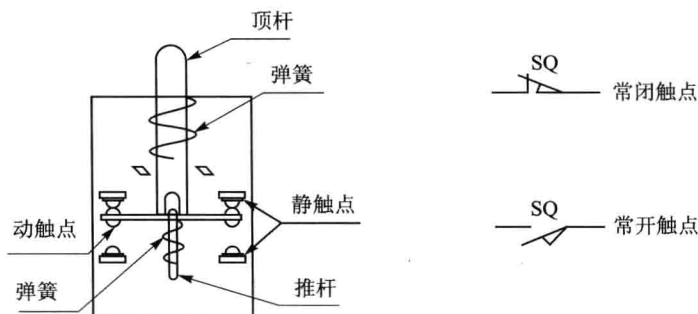


图 1-4 行程开关结构示意图及符号

近年来,由于电子技术的发展,已出现多种无触点电子接近开关,它们具有工作可靠、寿命长、操作频率高等优点,目前已得到广泛应用。

5. 熔断器

熔断器是一种最简单的起短路保护作用的电器,一般是将熔体(易熔的合金制成丝、片状)放入绝缘盒或管内而构成,使用时串入欲保护的线路中。正常工作时熔体温升低于其熔点;若发生短路时,熔体温升超过其熔点而熔化,将电路断开,从而保护了电路和用电设备。熔断器图形符号如图 1-5 所示。

常用的熔断器有插入式、螺旋式、管式和填料式。选择熔断器主要是根据熔断器的种类、额定电压、熔体额定电流等。

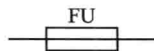


图 1-5 熔断器图形符号

1.2.2 接触器与继电器

接触器、继电器是电力拖动和自动控制系统中使用最多、涉及最广的一种低压控制电器。它们基本工作原理相似,但应用场合不尽相同。

1. 接触器

接触器适用于远距离频繁接通和断开交流、直流电路,可以带动电动机,也可带动电加热器、照明灯等电力负载。接触器按其触点通过电流的性质不同,可分为交流及直流接触器;按灭弧介质可分为空气式、油浸式、真空式等。应用最多的是空气式电磁接触器。交流接触器结构如图1-6所示;图形符号如图1-7所示。

如图1-6所示,交流接触器有5对主触点,2对辅助触点。主触点可通断大电流;辅助触点供控制用,一般允许通断较小电流。其中,电磁部分包括铁心、电磁线圈、衔铁和返回弹簧。它的基本作用是将电磁能转换成机械能,通过电磁力吸引衔铁带动触点动作,实现对电路的控制。当电流比较大时,在分断电流的瞬间,触点间可能产生电弧,甚至造成触点烧损,因此要采取灭弧措施。灭弧罩是常用的灭弧方式之一。

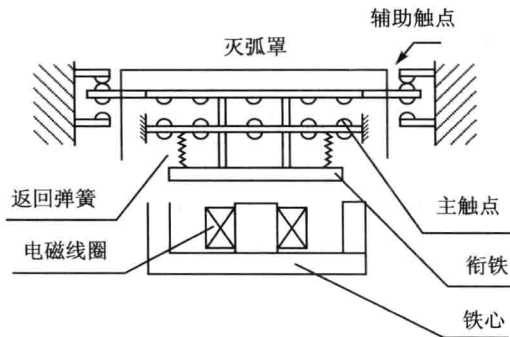


图 1-6 交流接触器结构示意图

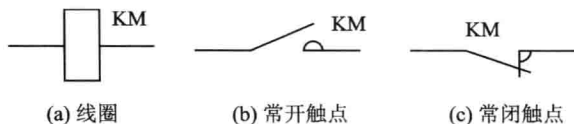


图 1-7 交流接触器图形符号

交流接触器的选择一般根据以下几个参数:主触点的额定电压、电流值;辅助触点的额定电流值;吸引线圈的电压等级以及触点数量等。常用的交流接触器有CJ 20、CJ 10系列。

2. 继电器

继电器是根据控制信号动作的电器。它的种类繁多,主要有:中间继电器、电流继电器、电压继电器、时间继电器、热继电器等。其中,中间、电流和电压继电器属于电磁式继电器。

(1) 电磁式继电器

电磁式继电器的结构、工作原理与接触器相似,主要组成有电磁和触点两部分。中间继电器是将一个输入信号变成多个输出信号或将信号放大(增大触点容量)的继电器。由于触点的电流比较小,因此它不需要灭弧装置。电流继电器是根据输入(线圈)电流大小而动作的继电器,按用途分为过电流继电器和欠电流继电器。电压继电器是根据输入电压大小而动作的继电器,同样分为过电压继电器和欠电压继电器。它们分别起到了对电流、电压的保护作用。

图1-8给出了电磁式继电器的图形符号。