

21世纪高等学校精品规划教材

KEBIANCHENGKONGZHIQI
YINGYONGJISHU

可编程控制器 应用技术

主 编 梁小布 梁吟曦
副主编 向 变 张 芳

1.6-43

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

TM571.6-43
L415

21 世纪高等学校精品规划教材

可编程控制器应用技术

主 编 梁小布 梁吟曦
副主编 向 变 张 芳

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书从实用角度出发,简单地介绍了常用低压电器及继电器控制线路的基本环节及设计方法;系统地介绍了可编程控制器的基本结构形式、硬件结构与软件组成、工作原理;重点以国内广泛使用的三菱 FX 系列可编程控制器为背景,介绍了 FX 系列可编程控制器的工作原理、编程元件、指令系统、编程方法;从工程应用出发介绍了梯形图程序的常用设计和方法;并介绍如何对 PLC 控制系统进行安装、设计和维护的实用技术。还简单介绍了可编程控制器网络基本知识。

本书体现了理论够用、注重技能的特点,理论联系实际,实用性强,浅显易懂,并在各章配有适当习题,便于学习和掌握。本书有配套的电子教案。

本书可作为高等院校电气类、机电类专业相关课程的教材。也可作为工程技术人员的参考书或培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器应用技术/梁小布,梁吟曦主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2469 - 7

I. 可… II. ①梁…②梁… III. 可编程序控制器 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 115061 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 15.25

字 数 / 311 千字

版 次 / 2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1500 册

定 价 / 30.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

可编程控制器 (PLC) 是自动控制技术、计算机技术和通信技术三者结合的通用工业自动化装置。在工业生产各领域得到广泛的应用, 已成为工业自动化的三大支柱之一。

可编程控制器在各个工业领域中得到了越来越广泛的应用, 20 世纪 90 年代, 各工科院校有关专业逐步开设可编程控制器课程。为适应这种形势, 我们选择了日本三菱公司 FX 系列可编程控制器编写了本书。

本书共分 8 章。第 1 章介绍了继电器接触器控制技术; 第 2 章介绍了 PLC 的产生及特点、应用及发展趋势; 第 3 章介绍了可编程控制器的组成、工作原理及编程语言; 第 4 章简单介绍了 FX 系列可编程控制器应用指令; 第 5 章介绍了三菱 FX 系列可编程控制器的指令系统; 第 6 章介绍了可编程控制器的梯形图设计方法; 第 7 章介绍了顺序控制设计法与顺序控制梯形图设计方法; 第 8 章介绍了可编程控制器的应用、安装、调试技术、编程软件的使用方法, 还简单介绍了可编程控制器的联网技术。

在编写本书的过程中, 在注重基础理论教育的同时, 突出实践性教学环节, 加强工程应用内容。并力图做到深入浅出, 层次分明, 详略得当, 尽可能体现高等教育的特点。

(1) 重点突出。对传统继电器及接触器等内容作简要介绍, 可编程控制器技术是在继电器接触器控制技术基础上发展起来的, 实际上可编程控制器控制要以继电器控制为基础, 目前在自动化领域二者应用并存, 了解继电器控制有利于更好地掌握和应用可编程控制器控制技术。重点介绍了 FX 系列可编程控制器的原理及应用等内容, 深入浅出, 以期激发读者的应用能力和创造能力。

(2) 加强工程应用知识要点。介绍了常用低压电器、电气控制基本线路、可编程控制器实际应用控制线路, 包括采用可编程控制器对电动机进行控制的多种实用基本线路, 将电动机的继电器接触控制和 PLC 控制对应起来。选用了多方面、多层次的工程应用实例, 有利于培养学生的实际应用能力, 这是本书的特色。

(3) 方便教学。本书在内容阐述上力求简明扼要, 层次清晰, 图文并茂, 通俗易懂。为了便于读者自我检测或复习巩固所学内容, 每章之后均配有习题。本书有配套的电子教案。

本书第 1 章、第 3 章、附录由梁吟曦编写; 第 2 章由张芳编写; 第 5 章、第 8 章由向变编写; 第 4 章、第 6 章、第 7 章由梁小布编写。在编写过程中各章的图稿编画主要由梁小布、梁吟曦、向变共同完成。

可编程控制器是新兴的控制器, 发展迅速, 由于编者学识有限, 书中难免存在不足之



处, 敬请有关专家和读者批评指正。在编写过程中, 编者参阅了国内外许多专家、同行的教材、著作和论文, 对此, 谨致诚挚的谢意!

本书既可作为普通高等院校的教材, 也可供从事电气运行与自动控制工作和相关专业的工程技术人员参考与自学。

编 者

目 录

第1章 电气控制基础	(1)
1.1 常用低压电器元件	(1)
1.2 电气控制系统图	(14)
1.3 电气控制线路的逻辑代数表示法	(15)
1.4 交流电动机的启动运行控制电路	(18)
1.5 电动机的制动控制电路	(26)
1.6 电动机的保护环节	(27)
本章小结	(29)
习题	(29)
第2章 可编程控制器概述	(31)
2.1 可编程控制器产生及定义	(31)
2.2 可编程控制器的发展	(33)
2.3 可编程控制器的特点与功能	(35)
2.4 可编程控制器与其他控制装置的比较	(41)
2.5 可编程控制器的应用领域	(45)
本章小结	(46)
习题	(46)
第3章 可编程控制器的结构与基本工作原理	(47)
3.1 可编程控制器的硬件结构与基本形式	(47)
3.2 可编程控制器存储器的结构与分类	(57)
3.3 可编程控制器的软件系统	(58)
3.4 可编程控制器的基本工作原理	(62)
3.5 特殊功能模块	(68)
3.6 编程装置简介	(69)
本章小结	(71)
习题	(71)
第4章 FX 系列可编程控制器及指令系统	(73)
4.1 FX 系列可编程控制器概述	(73)



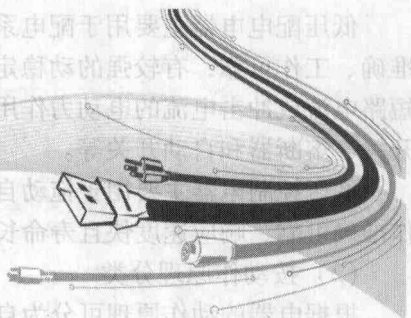
4.2	FX 系列 PLC 梯形图与指令表	(80)
4.3	FX 系列可编程控制器的编程元件	(83)
4.4	FX 系列可编程控制器的基本逻辑指令	(95)
	本章小结	(103)
	习题	(103)
第 5 章	三菱 FX 系列可编程控制器的应用指令简介	(107)
5.1	FX 系列可编程控制器的应用指令概况	(107)
5.2	程序流程控制指令	(109)
5.3	数据传送指令和比较指令	(117)
5.4	四则运算指令和逻辑运算指令	(121)
5.5	循环移位指令	(126)
5.6	数据处理指令	(131)
5.7	高速处理指令	(133)
5.8	方便指令	(134)
5.9	外部 I/O 设备指令	(136)
5.10	外部设备指令	(136)
5.11	浮点数运算指令	(137)
5.12	时间运算指令	(137)
5.13	比较触点指令	(137)
	本章小结	(137)
	习题	(138)
第 6 章	梯形图程序的设计	(140)
6.1	可编程控制器编程技术概述	(140)
6.2	梯形图的典型基本程序	(147)
6.3	梯形图的探索设计法	(155)
6.4	梯形图的转换设计法	(157)
	本章小结	(161)
	习题	(161)
第 7 章	顺序控制设计与状态转移图编程	(162)
7.1	顺序控制设计与状态转移图	(162)
7.2	步进指令及其顺序控制梯形图编程	(172)
7.3	以转移条件展开的梯形图编程	(180)
7.4	应用停止优先的自锁电路编程	(184)



7.5 控制系统程序设计实例	(189)
本章小结	(195)
习题	(196)
第8章 可编程控制器的应用技术	(199)
8.1 可编程控制器控制系统设计与调试	(199)
8.2 可编程控制器控制系统组态选择与安装	(201)
8.3 可编程控制器控制系统的可靠性与抗干扰	(208)
8.4 可编程控制器编程软件的操作	(213)
8.5 可编程控制器的系统联网及通信	(225)
本章小结	(229)
习题	(230)
附录 FX_{0S} , FX_{1N} , FX_{2N} 可以使用的应用指令	(231)
参考文献	(236)

第1章

电气控制基础



电器：对电能的生产、输送、分配与应用起着控制、调节、检测和保护的作用，在电力输配电系统和电力拖动自动控制系统中应用广泛。

以继电器、接触器为基础的电气控制技术具有相当重要的地位，可编程控制器（PLC）是计算机技术与继电器、接触器控制技术相结合的产物，其输入、输出与低压电器密切相关。

掌握继电接触器控制技术也是学习和掌握 PLC 应用技术必要的基础。

1.1 常用低压电器元件

1.1.1 低压电器的基础知识

1. 定义

低压电器通常是指工作在直流电压小于 1 500 V、交流电压小于 1 200 V 的电路中，在低压配电系统和控制系统中起通、断、保护、控制或调节作用的电气设备。工作电压值超出这个范围的电器通常称为高压电器。

低压电器是自动控制系统的基本组成元件，控制系统的优劣与所用的低压电器直接相关，电气技术人员必须熟悉常用低压电器的原理、结构、型号、规格和用途，并能正确选择、使用与维护。

2. 分类

低压电器种类繁多，结构原理各异，功能多样，用途广泛，同时也有多种分类方式。

(1) 按控制对象分类

根据所控制的对象分为低压配电电器和低压控制电器。



低压配电电器主要用于配电系统中,为工厂用电设备提供电能,此类电器一般要求动作准确、工作可靠,有较强的动稳定性和热稳定性(动稳定性和热稳定性分别是指电器承受短路电流或冲击电流的电动力作用和热效应而不致损坏的能力),这类电器有刀开关、转换开关、熔断器和自动开关等。

低压控制电器主要用于拖动自动控制系统和用电系统中,这类电器一般要求体积小、工作准确可靠、响应速度快且寿命长,如接触器、控制继电器、启动器、按钮等。

(2) 按动作原理分类

根据电器的动作原理可分为自动电器和非自动电器。自动电器是按照自身参数或外来信号以及某个物理量的变化而自动动作并完成通断动作的电器,如继电器和接触器等。非自动电器是直接依靠手动或某种非电物理量的变化而来完成其通断动作的电器(又称手动电器),这类电器如刀开关、按钮、行程开关等。

(3) 按用途分类

根据电器所起的作用可分为控制电器、保护电器、配电电器、主令电器和执行电器。控制电器在系统中起通断、控制和调节作用,用于各种控制电路和控制系统的电器,如刀开关、控制继电器、接触器、按钮等;保护电器在系统中起保护作用,保障系统的安全运行,用于保护电路及用电设备的电器,如熔断器、热继电器等;配电电器用于电能的输送和分配的电器。主令电器用于自动控制系统中发送动作指令的电器;执行电器用于完成某种动作或传送功能的电器。

(4) 按执行机能分类

按电器的执行机能可分为有触点电器和无触点电器。有触点的电器有开关、按钮等,无触点电器有晶闸管、霍尔接近开关等。

1.1.2 常用低压电器介绍

1. 主令电器

主令电器是在自动控制系统中发出指令或信号的电器,用来控制接触器、继电器或其他电器线圈,使电路接通或分断,从而达到控制生产机械的目的。主令电器应用广泛、种类繁多,按其作用可分为:按钮、行程开关、接近开关、万能转换开关、主令控制器及其他主令电器(如脚踏开关、钮子开关、紧急开关)等。图1-1给出两种开关的图形符号。

(1) 按钮

按钮是一种结构简单、应用广泛的主令电器。在低压控制电路中,用于手动发出控制信号,短时接通和断开小电流的控制电路。按钮也常作为可编程序控制器的输入信号元件。

控制按钮的结构示意图和图文符号如图1-2所示,一般由按钮帽、复位弹簧、桥式动静触点和外壳等组成。按钮常为复合式,即同时具有常开、常闭触点。按下按钮帽时常闭触

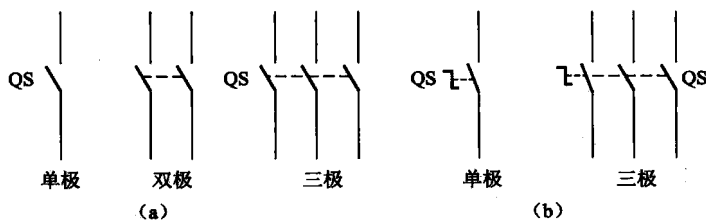


图 1-1 刀开关、组合开关的图形符号

(a) 刀开关; (b) 组合开关

点先断开, 然后常开触点闭合 (即先断后合)。去掉外力后, 在复位弹簧的作用下, 常开触点断开, 常闭触点闭合。

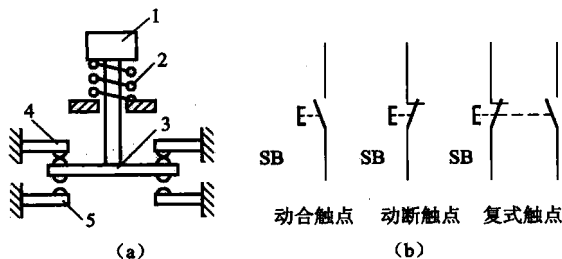


图 1-2 按钮的结构示意图和图文符号图

(a) 结构示意图; (b) 图文符号

1—按钮帽; 2—复位弹簧; 3—动触点; 4—动断触点; 5—动合触点

按钮的结构形式可分为按钮式、紧急式、旋钮式及钥匙式等。还有带指示灯和不带指示灯的, 带指示灯的按钮帽用透明塑料制成, 兼作指示灯罩。还有一种带锁键的按钮, 当按下后不自动复位, 需再按一次后才复位。

目前应用较多的产品有 LA18、LA19、LA20、LA25、和 LAY3 等系列。其中 LA25 系列为通用型按钮的更新换代产品, 采用组合式结构, 可根据需要任意组合其触点数目, 最多可组合 6 个单元; LAY3 系列是根据德国西门子公司技术标准生产的产品。

按钮的选用要考虑其使用场合, 对于控制直流负载, 因直流电弧熄灭比交流困难, 故在同样的工作电压下, 直流工作电流应小于交流工作电流, 并根据具体控制方式、所需要的触点对数、是否需要带指示灯及按钮的颜色等选择。一般以红色表示停止按钮, 绿色表示启动按钮、红色蘑菇头的表示急停按钮。通常所使用的规格为额定电压交流 500 V、直流 400 V, 额定电流为 5 A。

(2) 行程开关

行程开关又称为限位开关或位置开关, 是一种利用生产机械某些运动部件的撞击来发出



控制信号的小电流主令电器，主要用于生产机械的运动方向、行程大小控制或位置保护等，一般由执行元件、操作机构及外壳组成。行程开关的种类很多，按动作方式分为瞬动型和蠕动型；按头部结构分为直动式、滚轮式和微动式等。

① 直动式行程开关。直动式行程开关如图 1-3 (a) 所示。其结构与按钮的相似，只是它用运动部件上的挡块来碰撞行程开关的顶杆。这种行程开关触点的分合速度取决于挡块的移动速度，在挡块移动速度低于 0.4 m/min 时，触点断开较慢，电弧易烧坏触点，此时不应采用这类行程开关。

② 滚轮式行程开关。为克服直动式行程开关的缺点，还可采用能瞬时动作的滚轮旋转式结构，如图 1-3 (b) 所示。这种结构的开关通过左右推动滚轮 6，带动小滑轮 15 在擒纵件 12 上快速移动，从而使动触点迅速地右边的静触点断开，并与左边的静触点闭合。这样就减少了电弧对触点的烧蚀，并保证了动作的可靠性。这类行程开关适用于低速运动的机械。

③ 微动式行程开关。微动式开关具有弯片式弹簧瞬动机构，如图 1-3 (c) 所示。当推杆被压下时，弓簧片变形，储存能量。当达到预定位置时，弹簧片连同动触点产生瞬时跳跃，实现电路的切换。当操作力小时，弹簧释放能量，反向跳跃，触点分合速度不受推杆压下速度影响，克服了直动式行程开关的缺点。这种行程开关不仅动作灵敏而且体积小，适用于小型机构。

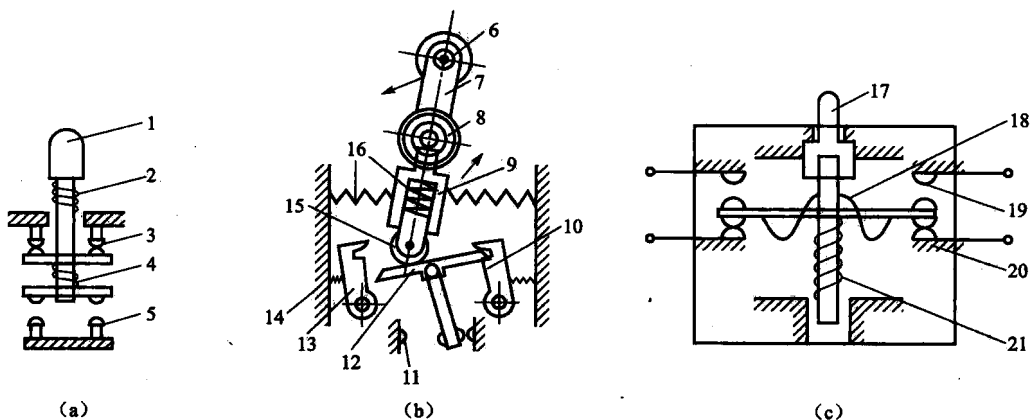


图 1-3 行程开关结构图

(a) 直动式；(b) 滚轮式；(c) 微动式

1—顶杆；2, 8, 14, 16—弹簧；3, 20—动断触点；4—触点弹簧；5, 19—动合触点；6—滚轮；7—上转臂；9, 17—推杆；10, 13—压板；11—静触点；12—擒纵件；15—小滑轮；18—弓形弹簧；21—复位弹簧

行程开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、触点换接时间、动作力、动作角度或工作行程、触点数量、结构形式和操作频率等。



行程开关的图形符号、文字符号如图 1-4 (a) 所示。

(3) 接近开关

接近开关是一种非接触式、无触点的行程开关,当运动着的物体接近它到一定距离内时,它就能发出信号,从而进行相应的操作。接近开关不仅能代替有触点行程开关来完成行程控制和限位保护,还可用于高频计数、测速、液面检测、检测零件尺寸、加工程序的自动衔接等。由于它具有无机械磨损、工作稳定可靠、寿命长、重复定位精度高以及能适应恶劣的工作环境等特点,所以在工业生产方面已逐渐得到推广应用。接近开关的主要技术参数有:动作距离、重复精度、操作频率、复位行程等。

接近开关按其工作原理分,有高频振荡型、电容型、感应电桥型、永久磁铁型、霍尔效应型等。

接近开关的图形符号如图 1-4 (b) 所示。

(4) 光电开关

光电开关是另一种类型的非接触式检测装置,用来检测物体靠近、通过等状态的光电传感器。它有一对光的发射和接收装置。根据两者位置和光的接收方式可分为对射型(或遮断型)和反射型,作用距离从几厘米到几十米不等。

光电开关中的红外光发射器一般采用功率较大的红外发光二极管(红外 LED),而接收器可采用光敏三极管、光敏达林顿三极管或光电池。为了防止日光灯的干扰,可在光敏元件表面加红外滤光透镜。LED 可用高频(40 kHz 左右)脉冲电流驱动,从而发射调制光脉冲,相应地,接受光电元件的输出信号经选频交流放大器及解调器处理,可以有效地防止太阳光的干扰。

光电开关可用于生产流水线上进行统计产量、检测装配件到位与否以及装配质量,并且可以根据被测物的特定标记给出自动控制信号。目前,光电开关已广泛地应用于自动包装机、自动灌装机和装配流水线等自动化机械装置中。

选用时,要根据使用场合和控制对象确定检测元件的种类。例如,当被测对象运动速度不是太快时,可选用一般用途的行程开关;而在工作频率很高、对可靠性及精度要求也很高时,应选用接近开关;不能接近被测物体时,应选用光电开关。

2. 接触器

接触器是电力拖动和自动控制系统中使用量大、涉及面广的一种低压自动控制电器,用于频繁地接通或断开交、直流主电路及大容量控制电路,实现远距离自动控制的低压自动控制电器。

在功能上,接触器除能自动切换外,还具有刀开关类手动开关所不能实现的远距离操作功能和失压(或欠电压)保护功能,它不同于断路器等,断路器虽有一定的过载能力,但

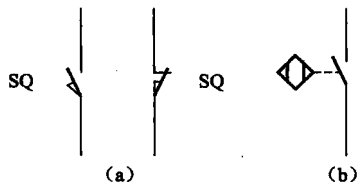


图 1-4 行程开关、接近开关的图形符号

(a) 行程开关; (b) 接近开关



却不能切断短路电流，也不具备过载保护的功能。接触器生产方便，价格低廉。在可编程控制器控制系统中，接触器常作为输出执行元件，用于控制电动机、电热设备、电焊机、电容器组等负载。

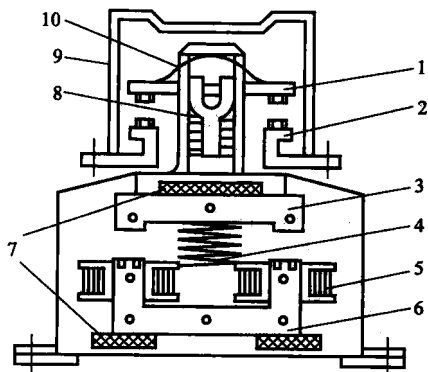


图 1-5 CJ20 系列交流接触器结构示意图

1—动触点；2—静触点；3—衔铁；4—缓冲弹簧；
5—电磁线圈；6—铁芯；7—垫毡；8—触点弹簧；
9—灭弧罩；10—触点压力簧片

(1) 接触器的组成及工作原理

目前使用的接触器是电磁式电器的一种，其结构与电磁式电器相同，一般也由电磁机构、触点系统、灭弧系统、复位弹簧机构或缓冲装置、支架与底座等几部分组成，如图 1-5 所示。

① 电磁机构是接触器的感测元件，由线圈、铁芯、衔铁和复位弹簧几部分组成。

线圈通电使铁芯产生电磁吸力，驱使触点动作。在铁芯头部平面上都装有短路环，目的是消除交流电磁铁在吸合时可能产生的衔铁振动和噪声。当交变电流过零时，电磁铁的吸力为零，衔铁被释放，当交变电流过了零值后，衔铁又被吸合，这样一放一吸，使衔铁发生振动。当装上短路环后，在其中产生感应电流，能阻止交变电流过零时磁场的

消失，使衔铁与铁芯之间始终保持一定的吸力，因此消除了振动现象。

② 触点系统包括主触点和辅助触点。触点又有常开（动合）触点和常闭（动断）触点之分，在无外力作用而处于静止状态时，触点间是断开状态，当衔铁吸合时触点闭合接通电路的触点，称为常开触点，反之称为常闭触点。

主触点用于接通和分断主电路，通常为三对常开触点；辅助触点用于控制电路，起电气连锁作用，故又称连锁触点，一般有常开、常闭触点各两对。在线圈未通电时（即平常状态下），处于相互断开状态的触点叫常开触点，又叫动合触点；处于相互接触状态的触点叫常闭触点，又叫动断触点。接触器中的常开和常闭触点是联动的，当线圈通电时，所有的常闭触点先行分断，然后所有的常开触点跟着闭合；当线圈断电时，在反力弹簧的作用下，所有触点都恢复原来的平常状态。

③ 灭弧系统。在通电状态下，动、静触点脱离接触时，如果被分断电路的电流超过某一数值（根据触点材料的不同，其值在 $0.25\text{ A} \sim 1\text{ A}$ ），或分断后加在触点间隙（或称弧隙）两端电压超过某一数值（根据触点材料的不同，其值在 $12\text{ V} \sim 20\text{ V}$ ）时，则触点间隙中就会产生电弧。而电弧的存在，既烧损触点金属表面，降低电器的寿命，又延长了电路的分断时间，严重时会引起火灾或其他事故，因此应采取措施迅速熄灭电弧。

常用的灭弧方法有电动力灭弧、磁吹灭弧、栅片灭弧、灭弧罩等几种。

额定电流在 20 A 以上的交流接触器，通常都设有陶瓷灭弧罩。它的作用是能迅速熄灭



触点分断电流瞬间触点之间气隙中产生的电弧,以避免发生触点烧毛或熔焊。

④ 其他部分包括反力弹簧、触点压力弹簧片、缓冲弹簧、短路环、底座和接线柱等。反力弹簧的作用是当线圈断电时使衔铁和触点复位;触点压力弹簧片的作用是增大触点闭合时的压力,从而增大触点接触面积,避免因接触电阻增大而产生触点烧毛现象;缓冲弹簧可以吸收衔铁被吸合时产生的冲击力,起保护底座的作用。

交流接触器的工作原理:当线圈通电后,线圈中电流产生的磁场,使铁芯产生电磁吸力克服复位弹簧反力将衔铁吸合。衔铁带动动触点动作,触点动作时,常闭触点先断开,常开触点后闭合。当线圈断电时,电磁吸力消失,衔铁在反力弹簧的作用下释放,各触点随之复位。被控制电路的通断由主、辅触点共同完成。

当线圈中的电压值降低到某一数值(一般为线圈额定电压的85%)时,铁芯中的磁通下降,电磁吸力减小,当减小到不足以克服复位弹簧的反力时,衔铁在复位弹簧的反力作用下复位,使主、辅触点的常开触点断开,常闭触点恢复闭合,这也是接触器的失压保护功能。

接触器按流过主触点电流性质不同,可以分为交流接触器和直流接触器;而按电磁结构的操作电源不同,可分为交流励磁操作和直流励磁操作的接触器。通常所说的交流/直流接触器是指前一种分类方法,两者不能混淆。

交流接触器的外形结构如图1-6所示,其图形符号和文字符号如图1-7所示。

(2) 接触器主要技术参数

① 额定电压。接触器铭牌上的额定电压是主触点能承受的额定电压,通常用的电压等级有:直流接触器有110 V、220 V、440 V;交流接触器有110 V、220 V、380 V、500 V等档次。

② 额定电流。接触器铭牌上的额定电流是主触点的额定电流,即允许长期通过的最大电流,有5 A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A和600 A十个等级。

③ 吸引线圈的额定电压。交流有36 V、110 V、220 V和380 V;直流有24 V、48 V、220 V、440 V。

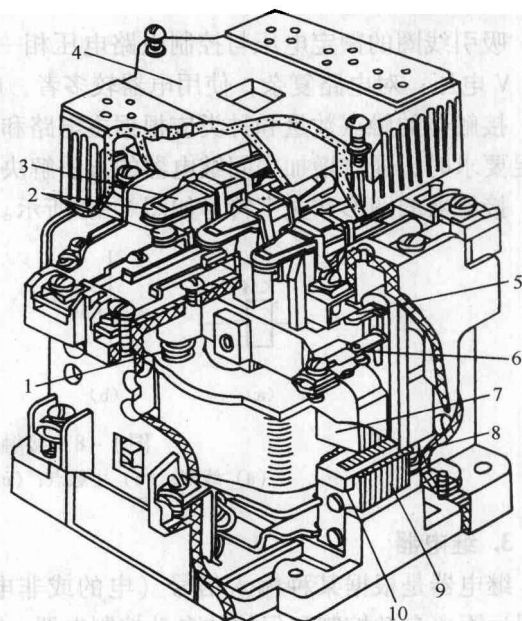


图1-6 交流接触器的外形结构

- 1—垫毡; 2—触点弹簧; 3—灭弧罩; 4—触点压力弹簧片;
5—动触桥; 6—静触点; 7—衔铁; 8—缓冲弹簧;
9—电磁线圈; 10—铁芯

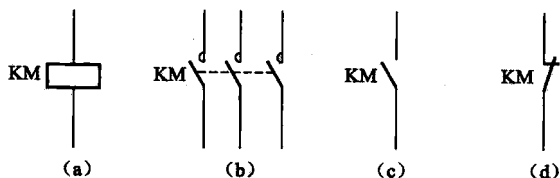


图 1-7 交流接触器图形符号和文字符号

(a) 线圈; (b) 主触点; (c) 动合辅助触点; (d) 动断辅助触点

④ 电寿命和机械寿命。以万次表示。

⑤ 额定操作频率。以次/小时表示，即允许每小时接通的最多次数。

(3) 接触器的选择

根据负载电流性质决定接触器的类型，即直流负载选用直流接触器，交流负载选用交流接触器。

主触点的额定工作电压应大于或等于负载电路的电压，主触点的额定工作电流应大于或等于负载电路的电流。

吸引线圈的额定电压与控制电路电压相一致。对简单控制电路可直接选用交流 380 V、220 V 电压；对电路复杂，使用电器较多者，应选用 127 V、110 V 或更低控制电压。

接触器的触点数量和种类应根据主电路和控制电路的要求选择。如辅助触点的数量不能满足要求时，通过增加中间继电器的方法解决。

接触器的图形和文字符号如图 1-8 所示。

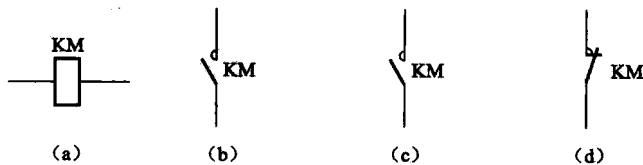


图 1-8 接触器的图文符号

(a) 线圈; (b) 主触点; (c) 常开触点; (d) 常闭触点

3. 继电器

继电器是根据某种输入信号（电的或非电的）的变化来接通或断开小电流控制电路，实现远距离自动控制和保护的自动控制电器。其输入量可以是电流、电压等电气量，也可以是温度、时间、速度或压力等非电量，而输出则是触点动作或者是电路参数的变化。

继电器具有输入电路（又称感应元件）和输出电路（又称执行元件）。当感应元件中的输入量（如电流、电压、温度、压力等）变化到某一定值时继电器动作，执行元件便接通或断开控制电路。其触点通常接在控制电路中。继电器是用于控制与保护电路中作信号转换



用的电器。继电器用于控制电路，流过触点的电流小，一般不需要灭弧装置。

继电器种类繁多，常用的有电流继电器、电压继电器、中间继电器、时间继电器、热继电器以及温度继电器、速度继电器、压力继电器、计数继电器、频率继电器等。

继电器输入量无论是电气量或非电量，其工作方式都是当输入量变化到某一定值时，继电器的触点动作，接通或断开控制电路，从这一点来看，继电器与接触器是相同的，但它与接触器又有区别：首先，继电器主要用于小电流电路，触点容量较小（一般在5 A以下），且无灭弧装置。接触器用于控制电动机等大功率、大电流电路及主电路；其次，继电器的输入信号可以是各种物理量，如电压、电流、时间、速度、压力等。接触器的输入量只有电压。

电子元器件的发展应用，推动了各种电子式的小型继电器的出现，这类继电器比传统的继电器灵敏度更高，寿命更长，动作更快，体积更小，一般都采用密封式或封闭式结构，用插座与外电路连接，便于迅速替换，能与电子线路配合使用。下面对几种经常使用的继电器作简单介绍。

(1) 电磁式继电器

电磁式继电器结构简单、价格低廉且使用维护方便，广泛地应用于控制电路中。

电磁式继电器的结构及工作原理与接触器相似，也是由电磁机构和触点系统等组成。由于继电器是用于切换小电流的控制电路和保护电路，故继电器没有灭弧装置，也无主、辅触点之分等。

电磁式继电器有直流和交流两类，常用的电磁式继电器有电流继电器、电压继电器和中间继电器。

电磁式继电器的图形及文字符号如图1-9所示。

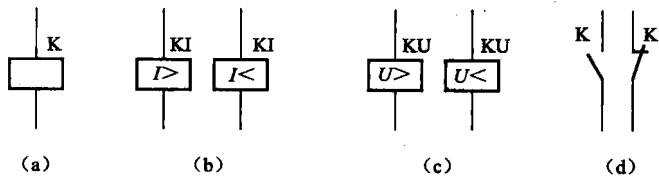


图1-9 电磁式继电器的图形和文字符号

(a) 线圈一般符号；(b) 电流继电器线圈；(c) 电压继电器线圈；(d) 触点

① 电磁式电流继电器。根据输入电流大小而动作的继电器称为电流继电器。电流继电器的线圈与被测电路串联，以反映电路电流的变化，其线圈匝数少，导线粗，线圈阻抗小。电流继电器常用于按电流原则控制的场合，如电动机的过载及短路保护、直流电动机的磁场控制及失磁保护。电流继电器按用途还可分为过电流继电器和欠电流继电器。过电流继电器的任务是当电路发生短路及过流时立即将电路切断，继电器线圈电流小于整定电流时继电器