



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪高职高专规划教材·机电系列

可编程序控制器原理与应用

(修订本)

张泽荣 编著

王学彬 主审



清华大学出版社
<http://www.tup.com.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21 世纪高职高专规划教材·机电系列

可编程序控制器原理与应用

(修订本)

张泽荣 编著

王学彬 主审

清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

目前,可编程序控制器(简称 PLC)的应用几乎覆盖了所有工业企业,是工业现代化的一个重要标志。全书共 10 章,主要内容包括电气控制基础,可编程序控制器的功能、原理及相关基础知识,松下 FP1 系列可编程序控制器的指令系统、编程方法、安装及维护,可编程序控制器编程技巧、控制系统设计方法、系统设计举例、课程设计指导,以及多个层次的具有针对性的实验。

本书的特点是由浅入深、层次清楚、控制实例多,书中的系统设计举例、课程设计举例都附有作者的设计思路说明,避免了读者对于较大一点的程序只见程序而理不清思路及设计意图的弊端,使历来不便集体教学的较大程序方便读者自学。

本书可作为高等学校工业自动化专业、计算机控制专业、电气技术、数控技术及其相关专业的教材,也可作为工程继续教育教材,还可作为各行业可编程序控制器工程设计及维护人员的实用参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器原理与应用/张泽荣编著.一修订本.一北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2009.7

(21 世纪高职高专规划教材·机电系列)

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-81123-678-1

I. 可… II. 张… III. 可编程序控制器-高等学校:技术学校-教材 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 093786 号

责任编辑:高振宇

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京瑞达方舟印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:17 字数:414 千字

版 次:2004 年 8 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次修订 2009 年 7 月第 5 次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-678-1/TM·21

印 数:14 001~18 000 册 定价:28.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

21 世纪高职高专规划教材·机电系列

编审委员会成员名单

主任委员 李兰友 边冀英

副主任委员 周学毛 崔世钢 王学彬 丁桂芝

赵伟 韩瑞功 汪志达

委员(按姓名笔画排序)

马辉	万志平	万振凯	王永平	王建明
尤晓晔	丰继林	左文忠	叶华	叶伟
付晓光	付慧生	冯平安	江中	佟立本
刘炜	刘建民	刘晶	曲建民	孙培民
邢素萍	华铨平	吕新平	陈小东	陈月波
李长明	李可	李志奎	李琳	李源生
李群明	李静东	邱希春	沈才梁	宋维堂
汪繁	张文明	张权范	张宝忠	张家超
张琦	金忠伟	林长春	林文信	罗春红
苗长云	竺士蒙	周智仁	阵德欣	柏万里
宫国顺	柳炜	钮静	胡敬佩	姚策
赵英杰	高福成	贾建军	徐建俊	殷兆麟
唐健	黄斌	章春军	曹豫莪	程琪
韩广峰	韩其睿	韩劼	裘旭光	童爱红
谢婷	曾瑶辉	管致锦	熊锡义	潘玫玫
薛永三	操静涛	鞠洪尧		

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分，它的根本任务是培养生产、建设、管理和服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型专门人才，所培养的学生在掌握必要的基础理论和专业知识的基础上，应重点掌握从事本专业领域实际工作的基本知识和职业技能，因而与其对应的教材也必须有自己的体系和特色。

为了适应我国高职高专教育发展及其对教学改革和教材建设的需要，在教育部的指导下，我们在全国范围内组织并成立了“21 世纪高职高专教育教材研究与编审委员会”（以下简称“教材研究与编审委员会”）。“教材研究与编审委员会”的成员单位皆为教学改革成效较大、办学特色鲜明、办学实力强的高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业技术学院，其中一些学校是国家重点建设的示范性职业技术学院。

为了保证规划教材的出版质量，“教材研究与编审委员会”在全国范围内选聘“21 世纪高职高专规划教材编审委员会”（以下简称“教材编审委员会”）成员和征集教材，并要求“教材编审委员会”成员和规划教材的编著者必须是从事高职高专教学第一线的优秀教师或生产第一线的专家。“教材编审委员会”组织各专业的专家、教授对所征集的教材进行评选，对列选教材进行审定。

目前，“教材研究与编审委员会”计划用 2~3 年的时间出版各类高职高专教材 200 种，范围覆盖计算机应用、电子电气、财会与管理、商务英语等专业的主要课程。此次规划教材全部按教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”编写，其中部分教材是教育部《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》的研究成果。此次规划教材编写按照突出应用性、实践性和针对性的原则编写并重组系列课程教材结构，力求反映高职高专课程和教学内容体系改革方向；反映当前教学的新内容，突出基础理论知识的应用和实践技能的培养；适应“实践的要求和岗位的需要”，不依照“学科”体系，即贴近岗位群，淡化学科；在兼顾理论和实践内容的同时，避免“全”而“深”的面面俱到，基础理论以应用为目的，以必要、够用为度；尽量体现新知识、新技术、新工艺、新方法，以利于学生综合素质的形成和科学思维方式与创新能力的培养。

此外，为了使规划教材更具广泛性、科学性、先进性和代表性，我们希望全国从事高职高专教育的院校能够积极加入到“教材研究与编审委员会”中来，推荐“教材编审委员会”成员和有特色、有创新的教材。同时，希望将教学实践中的意见与建议及时反馈给我们，以便对已出版的教材不断修订、完善，不断提高教材质量，完善教材体系，为社会奉献更多更新的与高职高专教育配套的高质量教材。

此次所有规划教材由全国重点大学出版社——清华大学出版社与北京交通大学出版社联合出版。适合于各类高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业技术学院使用。

21 世纪高职高专教育教材研究与编审委员会
2009 年 7 月

前 言

可编程序控制器（简称 PLC）是工业自动化的三大支柱之一，它的应用几乎覆盖了所有工业企业，是工业现代化的一个重要标志。目前，社会急需 PLC 应用型人才。为适应教育的发展、社会的需要，在总结近几年 PLC 控制技术教学经验及生产设计实践的基础上编写了本书。

本书包括原理、应用、设计、实验等几大部分，从 PLC 的产生、构成、工作原理、控制指令、编程方法及技巧、工程应用等方面进行了论述。在原理论述中力求深入浅出，以便为合理设计编程服务。本书以松下电工 FP1-C40 型 PLC 为例讲解控制指令、编程技巧，为便于各指令的理解及应用，书中附有大量例题及习题，以求学生通过学习对其他 PLC 产品触类旁通。在应用方面，根据工程设计实践及学生特点，采用了大量能被学生理解的控制过程作为应用实例。通过提出控制要求，给出部分引导性参考程序，再给学生留有思考、完善空间的方法，充分调动学习积极性，为更好应用 PLC 打下良好基础。在实验方面，本书以天津职业技术学院源峰科技公司研制的 TVT-90 系列 PLC 学习机为实验机，并在 10.2 节配有多个基础性实验。另外，结合学习机模拟实验板的使用，本书在 10.3 节选编了部分实验。

根据本书几年来教学应用中的信息反馈，有些专业在开设 PLC 课程之前不曾开设电气控制类课程，学生并不详细了解继电器接触器控制系统；所以学生在学习 PLC 课程时不能对 PLC 控制系统产生一个较完整的概念，不清楚 PLC 如何实现对控制对象的控制过程。在新版教材中增加了第 1 章“常用低压电气控制基础”（已有电气控制技术基础知识的读者可跳过），在此章中重点介绍了 PLC 控制系统中常用控制电器及继电器控制系统基本控制环节。

为加强 PLC 技术应用和实践技能训练，在新版教材中还增加了第 7 章“PLC 程序设计举例与课程设计指导”。本书中的应用实例都是作者经过反复推敲、多次修改并上机运行后的程序，具有广泛的应用性和很强的可操作性。本书程序设计实例都附有作者的设计思路和说明，更方便于教学及读者自学。

本书由天津工业大学张泽荣编著，王学彬主审。本书通俗易懂，注重应用，具有高职教育特色。

对于使用本书的任课教师可提供电子教学课件、习题解答等教学所需的文件，可发邮件到 zzt5708@163.com 联系。

由于时间仓促，作者水平所限，难免有错漏之处，恳请读者批评指正。

编 者
2009 年 7 月

目 录

第 1 章 常用低压电气控制基础	1
1.1 常用控制电器	1
1.1.1 组合开关	1
1.1.2 按钮	2
1.1.3 交流接触器	3
1.1.4 中间继电器	5
1.1.5 热继电器	5
1.1.6 时间继电器	6
1.1.7 熔断器	8
1.2 继电器控制系统基本控制环节	8
1.2.1 电气控制系统图	8
1.2.2 电动机直接起动、停止控制	9
1.2.3 电动机正反转、互锁控制	12
1.2.4 时间控制	15
习题	17
第 2 章 PLC 概述	19
2.1 PLC 的产生	19
2.2 PLC 定义及特点	20
2.2.1 PLC 定义	20
2.2.2 PLC 的特点	20
2.2.3 PLC 的国内外现状及发展动向	21
习题	22
第 3 章 PLC 基本原理	23
3.1 PLC 基本控制原理	23
3.1.1 PLC 的组成	23
3.1.2 PLC 的主要逻辑部件	24
3.1.3 PLC 的编程语言	27
3.2 PLC 内部硬件框图及各部分作用	28
3.2.1 PLC 的一般结构	28
3.2.2 PLC 内部主要部件功能	28
3.3 PLC 工作过程特点及主要性能指标	33
3.3.1 循环扫描工作方式	33
3.3.2 PLC 的 5 个工作阶段	34
3.3.3 PLC 对 I/O 的处理原则	35

3.3.4 PLC 主要技术性能指标	35
3.4 PLC 分类	36
3.4.1 按结构分类	36
3.4.2 按 I/O 点数和功能分类	36
习题	37
第 4 章 FP1 系列 PLC 系统构成	38
4.1 概述	38
4.2 FP1 系列 PLC 的构成及特性	40
4.2.1 控制单元	40
4.2.2 扩展单元	42
4.2.3 智能单元	42
4.2.4 编程工具	43
4.3 FP1 的内部寄存器及 I/O 配置	44
4.3.1 内部寄存器及 I/O 配置	44
4.3.2 特殊内部继电器	46
习题	50
第 5 章 FP1 系列 PLC 指令系统	51
5.1 基本顺序指令	52
5.1.1 ST、ST/和 OT 指令	52
5.1.2 “/” 指令	52
5.1.3 AN 和 AN/指令	53
5.1.4 OR 和 OR/指令	54
5.1.5 ANS 指令	55
5.1.6 ORS 指令	56
5.1.7 PSHS、RDS、POPS 指令	57
5.1.8 DF 和 DF/指令	58
5.1.9 SET、RST 指令	61
5.1.10 KP 指令	62
5.1.11 NOP 指令	62
5.1.12 基本顺序指令编程原则及技巧	63
5.2 基本功能指令	67
5.2.1 定时器指令	67
5.2.2 计数器指令	75
5.2.3 左移寄存器指令	80
5.3 控制指令	83
5.3.1 MC 和 MCE 指令	83
5.3.2 JP 和 LBL 指令	85
5.3.3 LOOP 和 LBL 指令	86
5.3.4 ED 和 CNDE 指令	87

5.3.5 CALL、SUB、RET 指令	88
5.4 步进控制功能图及梯形图	89
5.4.1 概述	89
5.4.2 步进梯形图指令	90
5.4.3 顺序过程控制梯形图	90
5.4.4 选择分支过程控制	91
5.4.5 并行分支及合并控制过程	92
5.4.6 循环控制过程	93
5.5 条件比较指令	101
5.5.1 单字条件比较指令	101
5.5.2 单字条件比较“与”运算指令	102
5.5.3 单字条件比较“或”运算指令	104
5.5.4 双字条件比较指令	105
5.5.5 双字条件比较“与”运算指令	106
5.5.6 双字条件比较“或”运算指令	107
5.6 高级指令	108
5.6.1 高级指令构成	108
5.6.2 高级指令的类型	108
5.6.3 常用高级指令及应用举例	109
5.7 高速计数器及其应用	143
5.7.1 高速计数器的技术说明	143
5.7.2 系统寄存器 No 400 的设定	144
5.7.3 特殊数据寄存器 DT 9052	146
5.7.4 高速计数器经过值寄存器 DT 9045、DT 9044	148
5.7.5 高速计数器目标值寄存器 DT 9047、DT 9046 及高级指令 F 162、F 163、 F 164、F 165	149
5.8 索引寄存器 IX、IY 的应用	153
5.8.1 索引寄存器的功能	153
5.8.2 索引寄存器的应用	155
习题	158
第 6 章 FP1 系列 PLC 的安装、维护与通信	166
6.1 安装接线	166
6.1.1 安装	166
6.1.2 FP1 控制单元的配线	166
6.2 PLC 系统维护	169
6.2.1 维护	169
6.2.2 备份电池更换	170
6.3 PLC 网络及通信	171
6.3.1 概述	171

6.3.2 FP1 系列 PLC 的通信方式	171
习题	173
第 7 章 PLC 程序设计举例与课程设计	174
7.1 PLC 程序设计举例	174
7.1.1 5 层载客电梯楼层定位数字显示功能设计	174
7.1.2 应用“字比较指令”对单时段十字路口交通信号灯控制的设计	175
7.1.3 生产线上站点呼叫小车行走控制设计	177
7.1.4 4 台电动机按时间要求, 顺序启动、逆序停止控制	180
7.2 PLC 课程设计	185
7.2.1 PLC 课程设计的目的、原则和基本要求	185
7.2.2 PLC 课程设计举例	186
第 8 章 PLC 故障分析与处理	204
8.1 PLC 正常运行的条件	204
8.2 PLC 系统的故障分布	205
8.3 PLC 系统故障的发现与诊断	208
第 9 章 松下电工 PLC 编程软件	213
9.1 PLC 编程软件简介	213
9.1.1 概述	213
9.1.2 软件安装	214
9.2 NPST-GR 编程软件使用简介	214
9.3 FPCWIN-GR 软件的使用	217
9.3.1 启动	217
9.3.2 FPCWIN-GR 编程屏简介	218
9.3.3 菜单功能	221
9.3.4 FPCWIN-GR 软件在使用中的一些特殊说明	226
第 10 章 PLC 应用实验	237
10.1 TVT-90C 台式学习机简介	237
10.2 基础实验	240
实验 10-1 FPCWIN-GR 系统及 TVT-90C 台式学习机的使用	240
实验 10-2 基本指令实验	241
实验 10-3 用拨码器改变定时器设定值	243
实验 10-4 顺序循环执行电路	244
实验 10-5 数据移位指令及计数器指令应用	244
实验 10-6 子程序调用指令应用	245
实验 10-7 索引寄存器 IX、IY 的应用	246
10.3 综合应用实验	247
实验 10-8 电机控制试验	247
实验 10-9 水塔水位自动控制系统	247
实验 10-10 天塔之光控制系统	249

实验 10-11 交通信号灯控制系统	249
实验 10-12 多种液体自动混合系统	250
实验 10-13 自动送料装车系统	252
实验 10-14 电梯控制系统	254
附表 A FP 1-C 40 系统寄存器一览表	257
参考文献	259

第 1 章 常用低压电气控制基础

电气控制技术是随着科学技术的发展及生产工艺不断更新而得到飞速发展的。从简单的控制设备发展到复杂的控制系统，从有触点的硬接线继电器控制发展到无触点的以可编程程序控制器为核心的控制系统。可编程序控制器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是学习和掌握可编程序控制器应用技术必需的基础。为此，在第 1 章中首先介绍低压电器控制基础，以便更好地理解可编程序控制器工作原理及其控制系统。

就现代机床和其他生产机械而言，其运动部件大多是由电动机来驱动的。因此，在生产过程中要对电动机进行自动控制，使生产机械各部件的动作按顺序进行，保证生产过程和加工工艺合乎预定要求。一般采用继电器、接触器及按钮等控制电器来实现对电动机或其他电气设备进行接通或断开的控制系统称为继电接触器控制系统。任何复杂的控制系统，都是由一些电器元件和单元电路组成。在本章中先介绍一些常用控制电器和基本控制线路。有关电器元件的技术指标及其选择不在本书中详述。

1.1 常用控制电器

1.1.1 组合开关

组合开关也称转换开关，常用来作为电源的引入开关，也可用于小容量电动机的起 / 停控制或照明线路的开关控制。

组合开关种类较多，常用的组合开关外形及其结构如图 1-1 所示，它有 3 对静触点，

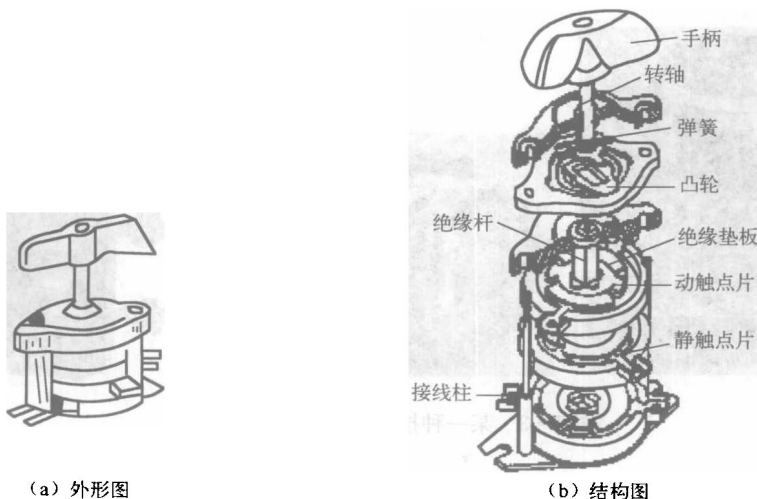


图 1-1 组合开关

每个触点的一端固定在绝缘垫板上，另一端伸出盒外，连在接线柱上。3 个动触点套在装有手柄的绝缘转动轴上，转动转轴就可以将 3 个触点（彼此相差一定角度）同时接通或断开。图 1-2 (a) 是组合开关的图形符号，图 1-2 (b) 是用来起动/停止三相异步电动机的接线图。

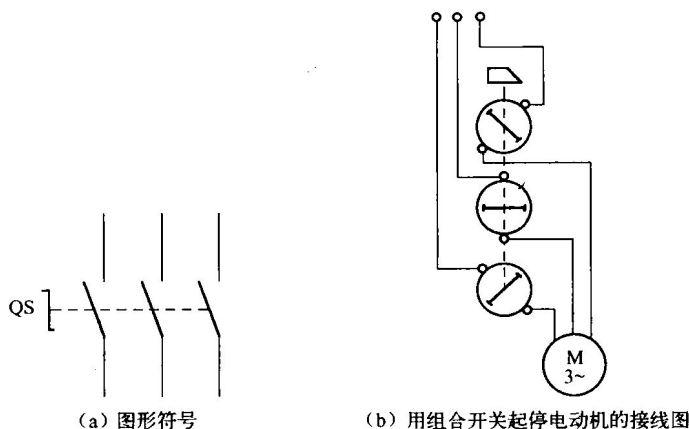


图 1-2 组合开关

1.1.2 按钮

按钮通常用来接通或断开控制电路（其中电流很小），从而控制电动机或其他电气设备的运行。图 1-3 所示的是一种按钮的外形图及剖面图，图 1-4 是按钮开关的结构图、符号及名称。按钮帽不被按下时就接通的触点，称为动断触点或常闭触点；原来就断开的触点，称为动合触点或常开触点。将按钮帽按下时，上面一对原来接通的静触点（常闭触点）被断开，以断开某一控制电路；而下面一对原来断开的静触点（常开触点）被触点接通，以接通另一控制电路。

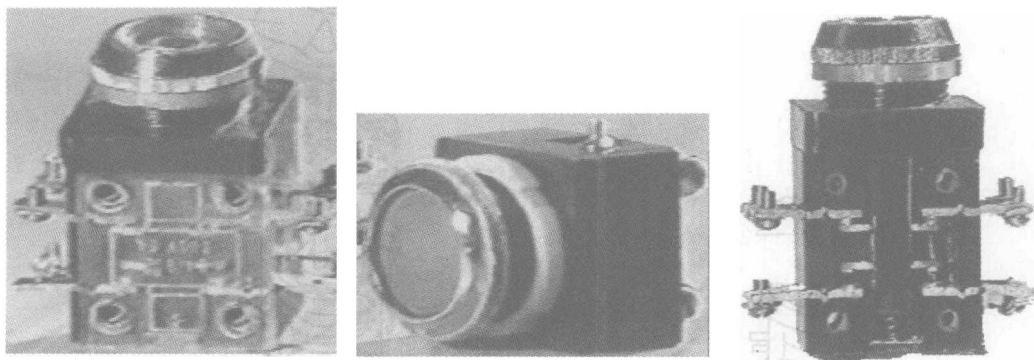


图 1-3 某一种按钮的外形图及剖面图

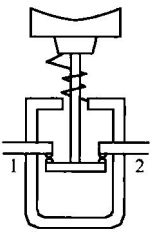
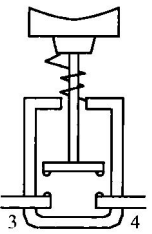
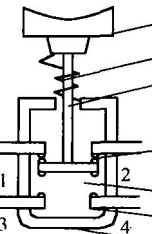
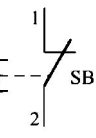
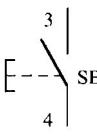
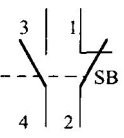
结 构			
符 号			
名 称	常闭按钮 (停止按钮)	常开按钮 (起动按钮)	复合按钮

图 1-4 按钮结构、符号、名称

1.1.3 交流接触器

交流接触器常用来接通和断开电动机或其他设备的主电路，每小时可通断千余次。

1. 交流接触器的结构

交流接触器的外形及主要结构如图 1-5 所示。它主要由以下 4 个部分组成。

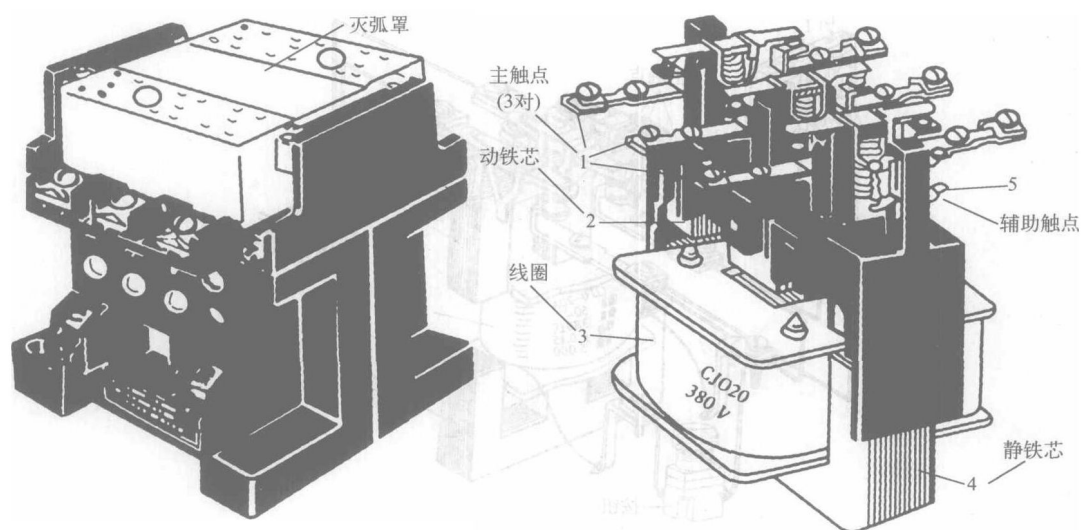


图 1-5 交流接触器外形图及主要结构图

(1) 电磁机构：由线圈、动铁芯和静铁芯等组成。它能产生电磁吸力，驱使触点动作。

(2) 触点系统：包括主触点和辅助触点。主触点用于接通和分断主电路，通常有 3 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。线圈断电时在反力弹簧作用下常开触点先行分断，常闭触点再闭合，所有触点都恢复原来的平常状态。

(3) 灭弧罩：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。它的作用是能迅速切断触点在分断时所产生的电弧，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动铁芯和触点复位。触点压力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的触点烧毛现象。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。

2. 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将动铁芯吸合。动铁芯带动动触点动作，使常闭触点断开，常开触点闭合。当线圈断电时，电磁吸力消失，动铁芯在反力弹簧的作用下释放，各触点随之复位。

图 1-6 是交流接触器的接线示意图。当按动按钮，接触器线圈通电后静铁芯吸引动铁芯，带动桥式动触点下移使动合触点（常开触点）闭合，接通图 1-6 所示的电动机主电路。图 1-7 是接触器在电路图中的图形和文字符号。

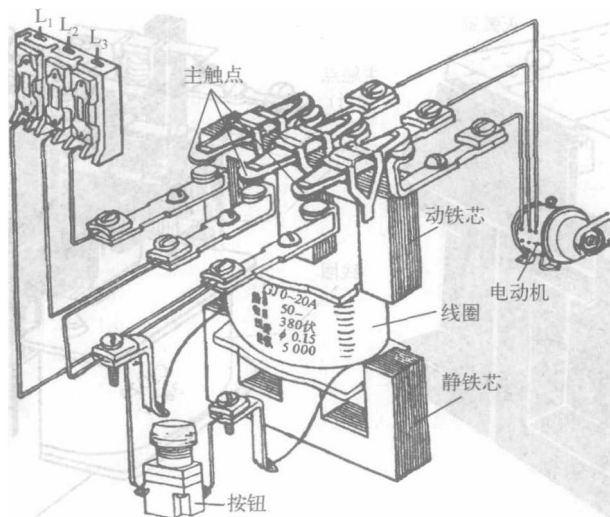


图 1-6 交流接触器接线示意图

3. 接触器的主要技术参数

(1) 额定电压：接触器铭牌上的额定电压是指主触点的额定电压。交流电压的等级有 127 V、220 V、380 V 和 500 V。

(2) 额定电流：接触器铭牌上的额定电流是指主触点的额定电流。交流电流的等级有 5 A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A 和 600 A。

(3) 吸引线圈的额定电压：交流电压的等级有 36 V、110 V、127 V、220 V 和 380 V。

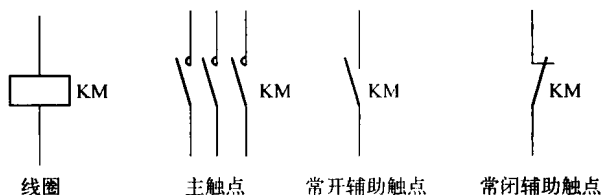


图 1-7 接触器图形和文字符号

1.1.4 中间继电器

中间继电器是最常用的继电器之一，它的结构和接触器基本相同，只是电磁系统小些，触点对数多些。其触点容量额定电流为 5~10 A 左右，一般不用于直接控制电路的负荷，但当电路的负荷电流在 5~10 A 以下时，也可代替接触器控制负荷的作用。中间继电器在控制电路中起逻辑变换和状态记忆功能，以及用于扩展触点容量和数量。

中间继电器符号如图 1-8 所示。



图 1-8 中间继电器图形和文字符号

1.1.5 热继电器

热继电器主要是用于电气设备（主要是电动机）的过负荷保护。热继电器是一种利用电流热效应原理工作的电器，它具有与电动机容许过载特性相近的反时限动作特性，主要与接触器配合使用，用于对三相异步电动机的过负荷和断相保护。

三相异步电动机在实际运行中，常会遇到因电气或机械等原因引起的过电流（过载和断相）现象。如果过电流不严重，持续时间短，绕组不超过允许温升，这种过电流是允许的；如果过电流情况严重，持续时间较长，则会加快电动机绝缘老化，甚至烧毁电动机。因此，在电动机回路中应设置电动机保护装置。常用的电动机保护装置种类很多，使用最多、最普遍的是双金属片式热继电器。目前，双金属片式热继电器均为三相式，有带断相保护和不带断相保护两种。热继电器的外形及结构如图 1-9 所示。

工作原理如图 1-10 所示。热元件是一段电阻不大的电阻丝，接在电动机的主电路中。双金属片是由两种具有不同热膨胀系数的金属辗压而成。图 1-10 中，下层金属的膨胀系数大，上层的小。当主电路中电流超过容许值而使双金属片受热时，它便向上弯曲而脱扣，扣板在弹簧的拉力下将动断触点断开。触点是接在电动机的控制电路中的，控制电

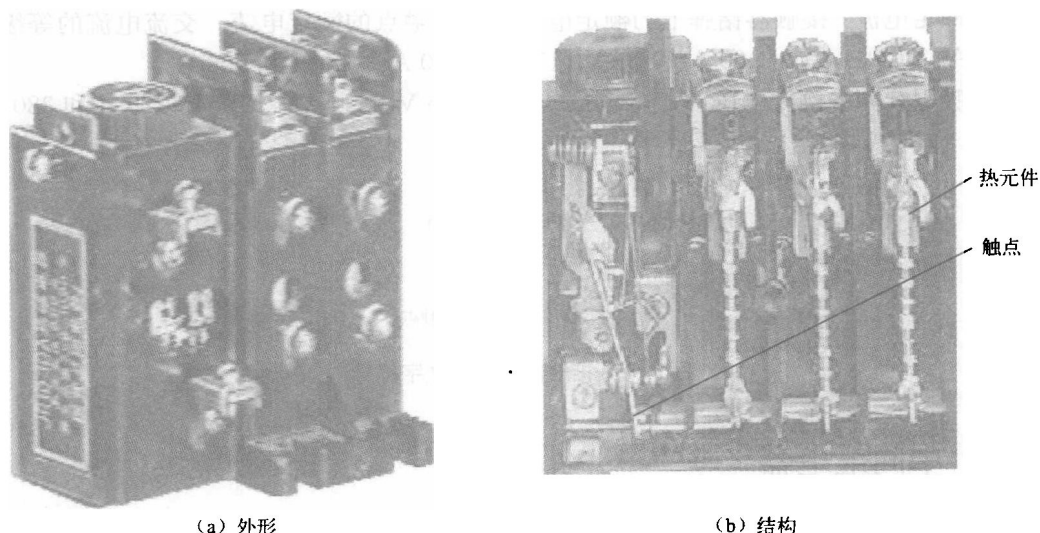


图 1-9 热继电器的外形及结构

路断开使接触器的线圈断电，从而断开电动机的主电路。由于热惯性，热继电器不能作短路保护。因为发生短路事故时要求电路立即断开，而热继电器是不能立即动作的。但是这个热惯性也是合乎要求的，在电动机起动或短时过载时，热继电器不会动作，这样可以避免电动机不必要的停车。如果要将热继电器复位，按下复位按钮即可。

通常用的热继电器有 JR 20, JR 15 和引进的 JRS 等系列。热继电器的主要技术数据是整定电流。所谓整定电流，就是热元件中通过的电流超过此值的 20% 时，热继电器应当在 20 min 内动作。热元件有多种额定整定电流等级，在应用中要根据工艺要求进行选择。

热继电器图形及文字符号如图 1-11 所示。

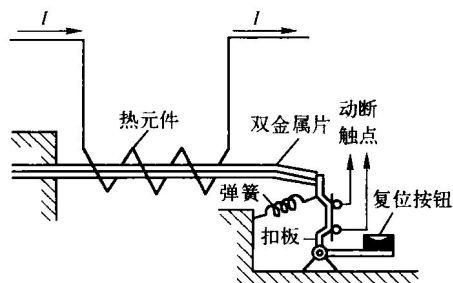


图 1-10 热继电器工作原理图

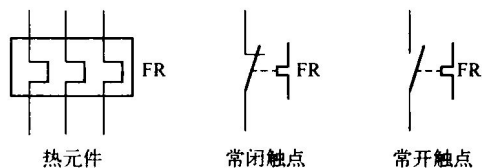


图 1-11 热继电器符号

1.1.6 时间继电器

时间继电器在控制电路中用于对时间的控制，其种类很多。按动作原理可分为电磁式、空气阻尼式、电动式和电子式等；按延时方式可分为通电延时型和断电延时型。下面以空气阻尼式时间继电器为例说明其工作原理。图 1-12 是空气阻尼式时间继电器外形图，图 1-13 是空气阻尼式（通电延时型）时间继电器结构示意图。空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼原理获得延时的。它由电磁机构、延时机构和触点系统等部分组成。电