



21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

21 century institutions of higher learning materials of Electrical Engineering and Automation Planning

Programmable Logic Controller (3rd Edition)

可编程控制器 原理及应用 (第3版)

— 宫淑贞 徐世许 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

21st Century Higher Education Electrical Engineering and Automation Planning Textbook Series

可编程控制器 原理及应用

(第3版)

- 详细介绍常用低压控制电器的工作原理，系统讲解继电器控制电路的组成、工作原理和控制系统的的设计方法。
- 以 OMRON 的 CPM1A/CPM2A 为背景机，系统介绍 PLC 的工作原理和指令系统。
- 详细讲解 PLC 控制系统的设计方法。
- 详细介绍 OMRON 的几种串行通信方式，以及当前主推的工厂自动化网络。
- 介绍计算机辅助编程软件 CX-P 的功能和使用方法。

P rogrammable Logic Controller (3rd Edition)

封面设计：董福彬

免费提供

PPT等教学相关资料



人民邮电出版社
教学服务与资源网
www.ptpedu.com.cn

教材服务热线：010-67170985

反馈/投稿/推荐信箱：315@ptpress.com.cn

人民邮电出版社教学服务与资源网：www.ptpedu.com.cn



ISBN 978-7-115-29246-9



9 787115 292469 >

ISBN 978-7-115-29246-9

定价：42.00 元

人民邮电出版社网址：www.ptpress.com.cn

21 世纪经济管理类精品教材

[第 3 版]

组织行为学教程

窦胜功 张兰霞 卢纪华/编著

Organization Behavior Textbook



清华大学出版社



21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

21 century institutions of higher learning materials of Electrical Engineering and Automation Planning

Programmable Logic Controller (3rd Edition)

可编程控制器 原理及应用 (第3版)

宫淑贞 徐世许 编著

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

可编程控制器原理及应用 / 宫淑贞, 徐世许编著

. -- 3版. -- 北京: 人民邮电出版社, 2012. 12

ISBN 978-7-115-29246-9

I. ①可… II. ①宫… ②徐… III. ①可编程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第213133号

内 容 提 要

本书包含继电器接触器控制和PLC控制两部分内容。作为学习PLC必备的基础——继电器接触器控制, 将详细讲解常用低压控制电器的工作原理, 系统介绍常用继电器控制电路的组成、工作原理和设计方法; 侧重PLC控制的内容, 以OMRON的小型机CPM1A/CPM2A为背景, 系统地阐述PLC的组成、工作原理和指令系统, 详细讲解PLC控制系统的设计方法; 介绍OMRON的HOST Link、PLC Link和无协议3种串行通信方式, 以及OMRON当前主推的CompoBus/D、Controller Link、Ethernet这3种FA网络。对每一种网络, 从通信单元、网络配置、网络功能、通信端口的连接、通信协议及相关编程等方面均进行了详细的讲解; 对OMRON的计算机辅助编程软件CX-P的功能和使用方法也做了较详细的介绍。

本书内容丰富, 通俗易懂, 理论联系实际。为便于教学与自学, 还编写了习题和实验指导。

本书可作为高等院校自动化、电气技术、机电一体化及其他相关专业的教材, 也可作为工程技术人员继续学习的参考书或PLC的培训教材。

21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材 可编程控制器原理及应用 (第3版)

- ◆ 编 著 宫淑贞 徐世许
责任编辑 李海涛
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
中国铁道出版社印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 22.25 2012年12月第3版
字数: 560千字 2012年12月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-29246-9

定价: 42.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

2008 年 11 月对《可编程控制器原理及应用》做了第一次修订,并于 2009 年 4 月出版,至今第 2 版已印刷 2 万多册。

虽然第 2 版发行至今仅 3 年,但为了适应教学改革的需要,我们决定再做一次修订。近十年来,教学改革的步伐很大,在各专业的课程体系、课程设置和课时等方面都有较大的调整,专业课的调整尤为显著。作为自动化和电气专业的专业课,“工厂电器控制”和“可编程控制器原理与应用”两门课的课时数都大幅减少,所以大部分院校已将这两门课合并。既然课程已合二为一,那么教材就要与之相适应了,这就是我们要对第 2 版再作修订的原因。

现就修订的具体情况作如下说明。

(1) 第 2 版是以 CPM1A/CPM2A 作为背景机。就国内普通院校实验室的现状,三五年内,机型 CPM1A/CPM2A 可能还要继续使用,所以本次修订仍以 CPM1A/CPM2A 为背景机。况且在有限的学时内,无论对哪个机型,都只能以给读者铺垫今后自学的基础为目的。

(2) 本次修订,将保持 2 版中第 2 章~第 7 章的体系和内容基本不变。这样,任课教师自制的第 2 版教学课件,可稍加改动而继续使用。

(3) 本次修订增加了继电器控制的内容。对于继电器控制,弄清楚控制电器的工作原理是至关重要的。但限于篇幅,只能对部分常用低压控制电器作详细介绍,更详尽的内容将通过课件予以补充。对那些可以用 PLC 编程来替代的电器仅作简要介绍。详细讲解基本控制电路的组成和工作原理,训练读者阅读和设计继电器控制电路的能力。增加了继电器控制的实验,使读者对常用低压控制电器及控制电路的功能有更直观的了解。

(4) 提供两个关于控制电器的课件。其中“常用低压控制电器的工作原理”,以平面与三维动画相结合、音频与视频相结合的方法,形象直观地展现了各种低压电器的外观、内部结构和工作原理。课件“新型电器简介”内容丰富、图文并茂,实物与平面动画相结合,展示了各种新型电器的外观和工作原理。既扩展了教材中关于控制电器部分的内容,也使读者了解低压控制电器领域的发展动向。

本次修订工作由宫淑贞和徐茂荣主持完成。

实用、易读是本书的编写宗旨。限于编者水平,疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 7 月

第2版前言

《可编程控制器原理及应用》第1版自2002年7月出版以来,已被许多院校选用,6年来已印刷15次,共发行4万多册。这些年来,我们从读者那里收到许多有价值的意见和建议,根据读者的反馈意见及工程应用的实际需要,结合PLC技术发展的现状,决定对第1版做全面修订。现就具体修订情况说明如下。

(1) 本书第1版是以OMRON的小型机CPM1A为背景机的,本次修订以CPM1A/CPM2A为背景机。CPM1A/CPM2A是OMRON在1997年前后相继推出的机型,当时国内许多PLC实验室装备了CPM1A或CPM2A,尽管近些年来OMRON又陆续推出了功能更为强大的小型机CJ1、CP1(CP1H、CP1L),但考虑到国内实验室的现状,相当一段时间内CPM1A/CPM2A还要继续使用,所以本次修订仍以CPM1A/CPM2A为背景机。

(2) 本次修订加进了CPM2A的内容。CPM2A是CPM1A的升级产品,CPM2A兼容CPM1A的全部功能,CPM2A在指令系统和部分功能上有所扩展。为尽量保持第1版中第1章~第4章的章节体系,也限于篇幅,本次修订采取与CPM1A对比的方式,集中几节介绍CPM2A增加的功能和部分指令。

(3) 删除了MPT002一章的内容。

(4) 对于计算机辅助编程软件,本次修订介绍的是OMRON的CX-P 6.1版。

(5) 重新编写了实验内容,使之既能满足基本训练的要求,又具有一定实践性和趣味性,以保证在有限课时内完成对基本方法、基本技能的训练。

(6) 本次修订增加了HOST Link、PLC Link、无协议3种串行通信,更新了CompoBus/D、Controller Link、Ethernet这3种网络的内容。

本书的修订工作由宫淑贞和徐世许主持完成。其中,迟洁茹编写第1章和第2章,宫淑贞编写第3章和第4章,徐世许编写第5章和第6.2节,周建春编写第6.1节和第7章,张锐编写全部附录,徐茂荣审阅了全书。王涛、杨艳、王世红、张传林、韩明明、刘论参与了程序测试、文字录入、绘图等工作,非常感谢他们付出的辛勤劳动。

新颖、实用、易读仍是本书的编写宗旨。虽然我们做了各方面努力,但是限于编者水平,疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。在此,我们也向关心本书出版并提出宝贵建议的专家、学者表示衷心感谢!

编者

2008年11月

目 录

第 1 章 继电器接触器控制系统.....1	2.3.2 语句表编程语言..... 29
1.1 常用低压控制电器.....1	2.4 PLC 的工作方式..... 30
1.1.1 手动电器.....1	2.4.1 PLC 的循环扫描工作方式..... 30
1.1.2 自动电器.....3	2.4.2 PLC 的 I/O 滞后现象..... 32
1.2 三相异步鼠笼电动机的基本控制.....8	2.5 PLC 的主要技术指标..... 33
1.2.1 三相异步鼠笼电动机直接启停控制.....8	习题..... 34
1.2.2 三相异步鼠笼电动机的点动控制.....9	第 3 章 PLC 的系统组成..... 35
1.2.3 三相异步鼠笼电动机的异地控制.....10	3.1 CPM1A 的基本组成..... 35
1.2.4 三相异步鼠笼电动机的正反转控制.....10	3.1.1 CPM1A 的主机..... 35
1.2.5 多台电动机联锁的控制.....11	3.1.2 I/O 扩展单元..... 38
1.3 行程控制.....12	3.1.3 编程工具..... 39
1.4 时间控制.....13	3.1.4 特殊功能单元..... 39
1.5 阅读控制电路的基本方法.....15	3.2 CPM1A 的继电器区及数据区..... 40
习题.....17	3.2.1 内部继电器区..... 40
第 2 章 可编程控制器概述.....20	3.2.2 特殊辅助继电器区..... 40
2.1 PLC 的产生与特点.....20	3.2.3 暂存继电器区..... 42
2.1.1 PLC 的产生与发展.....20	3.2.4 保持继电器区..... 42
2.1.2 PLC 的特点.....21	3.2.5 辅助记忆继电器区..... 42
2.2 PLC 的基本组成.....22	3.2.6 链接继电器区..... 44
2.2.1 中央处理单元 (CPU).....23	3.2.7 定时器/计数器区..... 44
2.2.2 存储器.....23	3.2.8 数据存储区..... 44
2.2.3 输入/输出单元.....24	3.3 CPM1A 功能简介..... 48
2.2.4 电源.....26	3.4 CPM2A 简介..... 53
2.2.5 扩展端口.....26	3.4.1 CPM2A 的主机及 I/O 扩展单元..... 54
2.2.6 外部设备端口.....27	3.4.2 CPM2A 功能简介..... 55
2.2.7 编程工具.....27	习题..... 58
2.2.8 特殊功能单元.....27	第 4 章 PLC 的指令系统..... 59
2.3 PLC 的编程语言.....27	4.1 概述..... 59
2.3.1 PLC 的梯形图编程语言.....28	4.2 基本指令..... 60
	4.2.1 常用的基本指令..... 60
	4.2.2 AND LD 和 OR LD 指令..... 62
	4.2.3 SET 和 RESET 指令..... 63
	4.2.4 KEEP 指令..... 64

4.2.5	DIFU 和 DIFD 指令	65	4.12.2	信息显示指令	132
4.2.6	基本编程规则和编程方法	65	4.12.3	I/O 刷新指令	134
4.3	常用的应用指令	67	4.12.4	位计数指令	134
4.3.1	IL/ILC 指令	68	4.13	CPM2A 的高速计数器和 脉冲输出	134
4.3.2	用暂存继电器处理分支 程序	70	4.13.1	CPM2A 的高速计数器	136
4.3.3	JMP/JME 指令	70	4.13.2	CPM2A 的脉冲输出	143
4.3.4	定时器/计数器指令	71	4.13.3	CPM2A 的同步脉冲控制	153
4.4	数据传送和数据比较指令	76	习题		156
4.4.1	数据传送指令	76	第 5 章	PLC 控制系统的设计	161
4.4.2	数据比较指令	81	5.1	概述	161
4.5	数据移位和数据转换指令	83	5.1.1	PLC 控制系统设计的 基本步骤	161
4.5.1	数据移位指令	83	5.1.2	PLC 的应用程序	162
4.5.2	数据转换指令	89	5.2	逻辑设计法	163
4.6	数据运算指令	96	5.3	时序图设计法	165
4.6.1	十进制运算指令	96	5.4	经验设计法	168
4.6.2	二进制运算指令	103	5.5	顺序控制设计法	173
4.6.3	逻辑运算指令	105	5.5.1	顺序功能图	173
4.7	子程序控制指令	107	5.5.2	用顺序控制设计法 编写程序	176
4.7.1	子程序调用、子程序定义/ 子程序返回指令	108	5.6	继电器控制电路图转换设 计法	180
4.7.2	宏指令	110	5.7	具有多种工作方式的系统的 编程方法	182
4.8	高速计数器控制指令	111	5.8	PLC 的典型控制程序	189
4.8.1	旋转编码器	111	5.8.1	启/保/停控制程序	189
4.8.2	高速计数器的计数功能	112	5.8.2	顺序启/停控制程序	189
4.8.3	高速计数器的中断功能	113	5.8.3	单按钮启/停控制程序	190
4.8.4	高速计数器的控制指令	114	5.8.4	电动机 Y- Δ 换接启动控制 程序	191
4.9	脉冲输出控制指令	117	5.8.5	点动/长动控制程序	192
4.10	中断控制指令	119	5.8.6	异地控制程序	193
4.10.1	外部输入中断功能	119	5.8.7	电动机正反转控制程序	193
4.10.2	间隔定时器的中断功能	120	5.8.8	断电保持程序	195
4.10.3	中断的优先级	121	5.8.9	优先权程序	196
4.10.4	中断控制指令	121	5.8.10	分频器程序	197
4.11	步进控制指令	127	5.8.11	脉冲发生器程序	197
4.11.1	步进程序的结构及程序 的编写规则	127	5.8.12	长定时程序	199
4.11.2	步进程序的执行过程	129			
4.12	特殊指令	131			
4.12.1	故障诊断指令	132			

5.9 PLC 应用程序举例	200	6.8.4 FTP 服务器通信	281
习题	205	6.8.5 Socket 服务	282
第 6 章 PLC 的通信与网络	208	6.8.6 E-mail 服务	285
6.1 通信的基础知识	208	习题	287
6.1.1 数据通信基础	208	第 7 章 PLC 的编程工具	288
6.1.2 网络的拓扑结构	213	7.1 编程器 CQM1-PRO01	288
6.2 OMRON PLC 网络简介	214	7.1.1 编程器的面板	288
6.3 HOST Link 通信	216	7.1.2 编程器的使用	289
6.3.1 概述	216	7.2 编程软件 CX-P	298
6.3.2 HOST Link 通信协议	218	7.2.1 CX-P 简介	298
6.3.3 程序设计举例	223	7.2.2 CX-P 主窗口	300
6.4 PLC Link 通信	225	7.2.3 CX-P 工程	303
6.4.1 1:1 PLC Link 通信	225	7.2.4 CX-P 视图	307
6.4.2 1:N PLC Link 通信	228	7.2.5 CX-P 编程	311
6.5 无协议通信	231	7.2.6 CX-P 在线工作	315
6.5.1 概述	231	7.2.7 CX-P 监控	317
6.5.2 无协议通信设定	231	第 8 章 实验	322
6.5.3 无协议通信指令	233	8.1 三相异步电动机的基本控制	322
6.5.4 应用举例	236	8.2 PLC 及编程器的认识与使用	323
6.6 CompoBus/D	236	8.3 三相异步电动机的 PLC 控制	324
6.6.1 概述	236	8.4 彩灯的 PLC 控制	325
6.6.2 CompoBus/D 通信单元	241	8.5 数据传送、比较和移位指令 的应用	326
6.6.3 远程 I/O 通信	243	8.6 数据运算指令的应用	328
6.6.4 信息通信	245	8.7 中断控制指令的应用	330
6.7 Controller Link	246	8.8 抢答器的程序设计与调试	332
6.7.1 概述	246	附录 A OMRON 小型机指令 一览表	333
6.7.2 Controller Link 单元	248	附录 B CPM1A 各种单元的规格	339
6.7.3 数据链接	249	附录 C CPM1A/CPM2A 性能指标	342
6.7.4 信息通信	258	附录 D ASCII 码表	345
6.7.5 网络互连	270	附录 E CPM2A 扩展的继电器区和 数据存储区	346
6.8 Ethernet	274	参考文献	348
6.8.1 概述	274		
6.8.2 以太网单元及其设置	276		
6.8.3 FINS 通信服务	278		
6.8.4 FTP 服务器通信	281		
6.8.5 Socket 服务	282		
6.8.6 E-mail 服务	285		
习题	287		
第 7 章 PLC 的编程工具	288		
7.1 编程器 CQM1-PRO01	288		
7.1.1 编程器的面板	288		
7.1.2 编程器的使用	289		
7.2 编程软件 CX-P	298		
7.2.1 CX-P 简介	298		
7.2.2 CX-P 主窗口	300		
7.2.3 CX-P 工程	303		
7.2.4 CX-P 视图	307		
7.2.5 CX-P 编程	311		
7.2.6 CX-P 在线工作	315		
7.2.7 CX-P 监控	317		
第 8 章 实验	322		
8.1 三相异步电动机的基本控制	322		
8.2 PLC 及编程器的认识与使用	323		
8.3 三相异步电动机的 PLC 控制	324		
8.4 彩灯的 PLC 控制	325		
8.5 数据传送、比较和移位指令 的应用	326		
8.6 数据运算指令的应用	328		
8.7 中断控制指令的应用	330		
8.8 抢答器的程序设计与调试	332		
附录 A OMRON 小型机指令 一览表	333		
附录 B CPM1A 各种单元的规格	339		
附录 C CPM1A/CPM2A 性能指标	342		
附录 D ASCII 码表	345		
附录 E CPM2A 扩展的继电器区和 数据存储区	346		
参考文献	348		

第1章 继电接触器控制系统

在现代化工农业生产中，生产机械的运动部件大多数是由电动机拖动的，通过对电动机的自动控制，从而实现对生产机械的自动控制。由各种有触点的控制电器组成的控制系统，称为继电接触器控制系统。

本章介绍常用的低压控制电器的结构和工作原理，以及用它们组成的控制电路。使读者学会设计常用的控制电路，能熟练阅读继电接触器控制系统。

1.1 常用低压控制电器

低压控制电器的种类繁多，一般可分为手动和自动两类。手动电器必须由人工操纵，自动电器是随某些电信号（如电压、电流等）或某些物理量（如位移、压力、温度等）的变化而自动动作的。本节介绍部分常用的低压控制电器。

1.1.1 手动电器

1. 闸刀开关

闸刀开关是最简单的一种手动电器。作为电源的隔离开关，其广泛用于各种配电设备和供电线路中。

闸刀开关接触刀片数多少可分为单极、双极、三极等几种，每种又有单投和双投之别。图 1.1 (a) 所示为闸刀开关的结构示意图，图 (b) 是其符号。

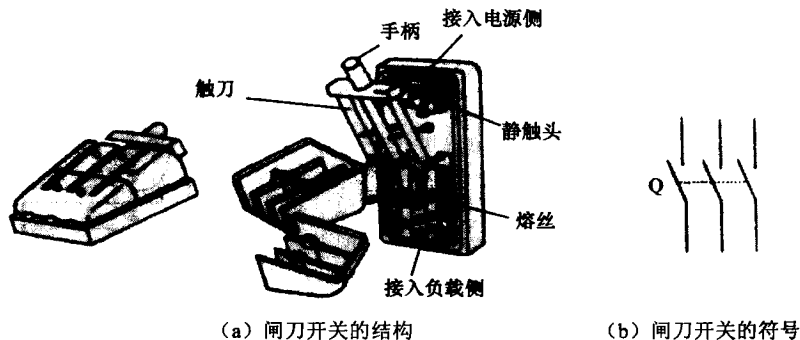


图 1.1 闸刀开关的结构及其符号

用闸刀开关分断感性负载电路时，在触刀和静触头之间会产生电弧。较大的电弧会灼伤

触刀和触头，甚至使电源相间短路而造成火灾。所以大电流的闸刀开关应设灭弧罩。

闸刀开关应垂直安装在控制板上，静触头应在上方。电源进线要接在静触头上，负载接在可动触刀一侧。这样，当断开触刀时负载一侧就不会带电。

2. 组合开关

组合开关是一种多触点、多位置式可以控制多个回路的控制电器。图 1.2 所示为一种组合开关的结构示意图。它有三层绝缘垫板 6，每层垫板上有一对铜质静触片 2 和一个铜质动触片 3。静触片与外部的连接是通过接线端子 1 实现的。各层垫板上的动触片都套在装有手柄 5 的绝缘转动轴 4 上。不同层的动触片可以互相错开一个角度安装。在转动手柄时，各动触片均转过相同的角度，使一些动、静触片相互接通，另一些动、静触片被断开。根据实际需要，组合开关的绝缘垫板层数可以增减。常用的有单极、双极、三极、四极等多种。

图 1.3 所示为用组合开关控制三相异步电动机启、停的接线示意图。

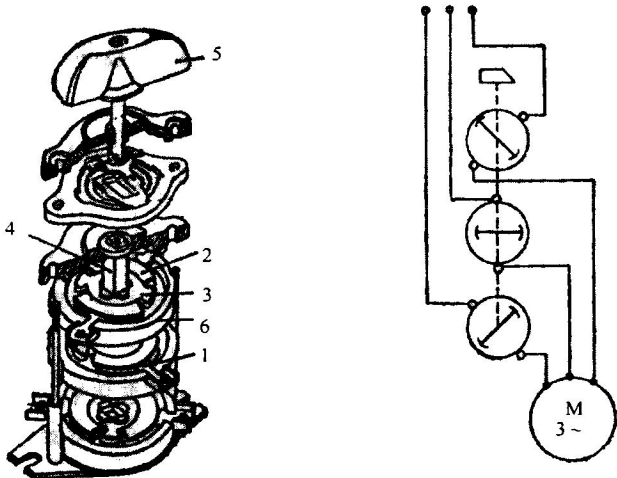


图 1.2 组合开关结构示意图

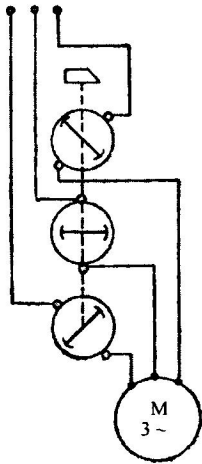


图 1.3 组合开关控制电动机示意图

在图 1.3 中，3 个圆盘表示绝缘垫板，每层垫板边缘上的小圆圈表示静触片（图中略去接线端子），两个静触片分别与电源和电动机相接。垫板中各有一个动触片，它们装在同一个轴（竖直虚线）上。当前位置时各动、静触片不相连。当手柄顺时针或逆时针旋转 90° 时，3 个动触片分别与本层静触片相接触，使电动机与电源接通，于是电动机启动并运行。

3. 按钮

按钮是广泛使用的主令电器。图 1.4 (a) 所示为按钮的结构示意图，图 (b) 所示为一种按钮的外形，图 (c) 是其符号。

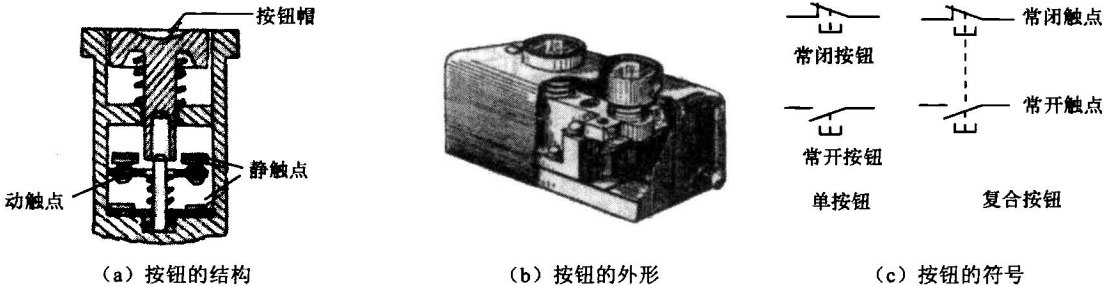


图 1.4 按钮的结构示意图及其符号

图 1.4 (a) 中有 4 个铜质静触点 (上、下各 2 个), 2 个铜质动触点都固定在一个可以上、下移动的铜片上。未按动按钮之前, 上面一对静触点与一对动触点接通, 称为常闭触点; 下面一对静触点与动触点间是断开的, 称为常开触点。

只具有常闭触点或只具有常开触点的按钮称为单按钮。既有常闭触点、也有常开触点的按钮称为复合按钮, 图 1.4 (a) 就属于复合按钮。请注意两种按钮符号的区别。

现就图 1.4 (a) 分析按钮的功能。当按下按钮帽时, 上下弹簧均被压缩, 动触点与上面的静触点分开 (称常闭触点断开) 而与下面的静触点接通 (称常开触点闭合)。当释放按钮帽时, 在弹簧的作用下触点复位, 即常开触点恢复断开, 常闭触点恢复闭合。各触点的动作顺序为: 当按动按钮时, 常闭触点先断开, 常开触点后闭合; 当释放按钮时, 常开触点先断开, 常闭触点后闭合。了解按钮的这个动作顺序, 对分析控制电路的功能非常重要。

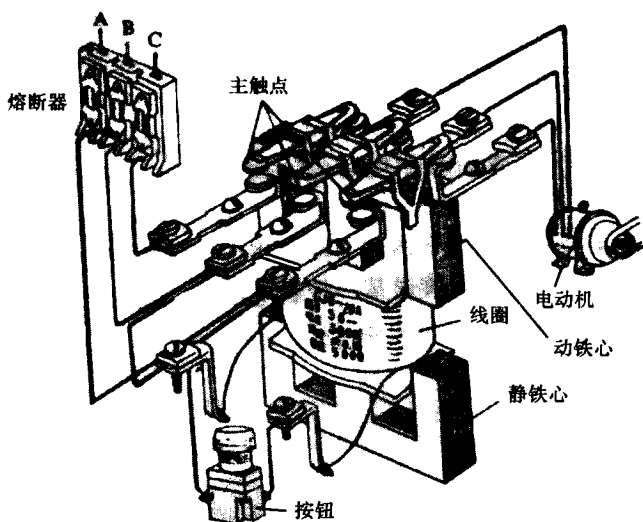
1.1.2 自动电器

1. 交流接触器

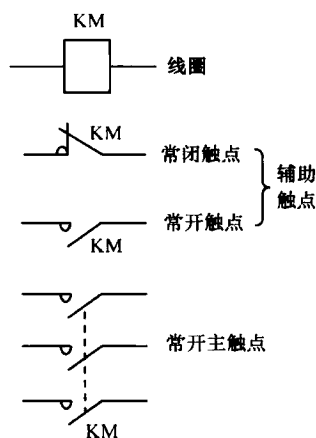
交流接触器常用来接通和断开电动机或其他设备的主电路, 它是一种失压保护电器。

接触器可分为直流接触器和交流接触器两类。直流接触器的线圈使用直流电, 交流接触器的线圈使用交流电。

图 1.5 (a) 所示为交流接触器的内部结构简图, 图 (b) 是其符号。交流接触器的主要组成部分是电磁铁和触点。电磁铁是由静铁心、动铁心、线圈和支撑弹簧 (图中没画出) 组成的。触点分为主触点和辅助触点两类。例如, CJ10-20 型交流接触器有 3 个常开主触点, 4 个辅助触点 (图中没画出, 在动铁心的两侧各安置了一个常开和一个常闭触点)。交流接触器的主、辅触点通过绝缘支架 (图中没画出) 与动铁心联成一体, 由动铁心带动各触点一起动作。



(a) 交流接触器的内部结构



(b) 交流接触器的符号

图 1.5 交流接触器的结构示意图及其符号

对图 1.5 (a) 所示的交流接触器, 当线圈通电时动铁心被吸合下落 (支撑弹簧被压缩), 带动常开的主、辅触点均闭合, 常闭的辅助触点均断开。当线圈欠电压或失去电压时, 动铁

心在支撑弹簧的作用下迅速弹起,带动主、辅触点均恢复常态。

主触点能通过大电流,接在主电路中。辅助触点承受的电流较小,一般接在控制电路中。主触点通过负载的电流。当主触点断开感性负载电路时,触点间将产生电弧,易烧坏触头或引起电源短路,所以 10A 以上的交流接触器都配有灭弧罩。一般主触点都作成有两个断点的桥式形状,如图 1.5 (a) 所示,以降低接触器断电时加在主触点上的电压,使电弧快速熄灭。

选用接触器时,应该注意主触点的额定电流、线圈电压的大小及种类、触点数量等。

2. 中间继电器

中间继电器具有记忆、传递、转换信息等控制功能。它主要用在控制电路中,也可用来直接控制小容量电动机或其他电器。

中间继电器的结构与交流接触器基本相同,只是其电磁机构尺寸较小、结构紧凑、触点数量较多。由于触头通过电流较小,所以一般不配灭弧罩。

选用中间继电器时,主要考虑线圈电压种类以及触点数量。

在选择接触器和中间继电器时,务必注意其线圈电源的种类以及线圈额定电压值的大小。例如,额定值为 220V 的交流接触器线圈若误接入 380V 的交流电源中,或额定值为 220V 的交流接触器线圈误接入 220V 的直流电源中,都会立即烧坏电器。

3. 热继电器

热继电器主要用来对电器设备进行过载保护,使之免受长期过载电流的危害。

热继电器主要组成部分是热元件、双金属片、执行机构、整定装置和触点。图 1.6 (a) 所示为热继电器结构示意图,图 (b) 是其符号。

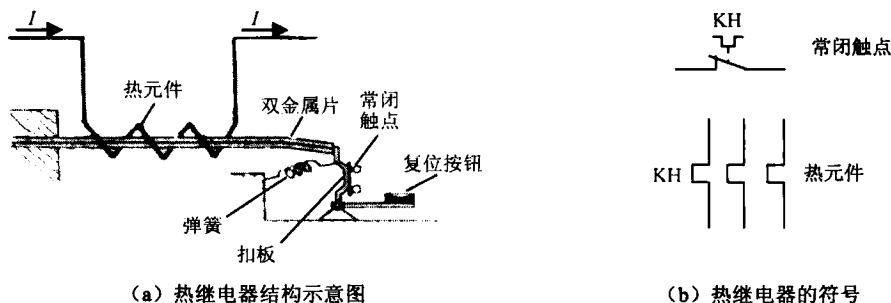


图 1.6 热继电器结构示意图及其符号

热元件是电阻不太大的电阻丝,它接在主电路中,流过负载的电流。双金属片是由两种不同膨胀系数的金属片碾压而成的,热元件绕在双金属片上(两者相互绝缘)。

热继电器的过载保护原理是:当主电路过载一段时间后,热元件发热导致双金属片膨胀而向上弯曲(设双金属片的下片膨胀系数大),最后使双金属片与扣板脱离。扣板上端在弹簧拉力的作用下向左移动,从而使常闭触点断开,切断了接触器线圈的电路(在控制电路中,常闭触点与接触器的线圈串联)。主电路中由于接触器的主触点断开而使负载断电,实现了过载保护。断电后双金属片冷却恢复常态,按下复位按钮可使常闭触点复位。

热继电器是利用热效应原理工作的。由于热惯性,当电动机启动和短时过载时,热继电器是不会动作的,这就避免了不必要的停机。由于发生短路时热继电器不能立即动作,所以热继电器不能用作短路保护电器。

热继电器的主要技术数据是整定电流。所谓整定电流,是指当热元件中通过的电流超过此值的 20% 时,热继电器应在 20min 内动作。每种型号的热继电器的整定电流都有一定范围。

例如, JR0-40 型的整定电流为 0.6~40A, 热元件有 9 种规格。一般按整定电流与电动机的额定电流基本一致的原则选用热继电器。使用时, 通过整定装置进行整定。

4. 熔断器

熔断器是有效的短路保护电器。熔断器中的熔体是由电阻率较高的易熔合金制作的。一旦线路中发生短路时, 熔断器会立即熔断。故障排除后, 更换熔体即可。

图 1.7 (a) ~ (c) 所示为常见熔断器的结构图。图 (a) 是管式, 图 (b) 是瓷插式, 图 (c) 是螺旋式。图 (d) 是其符号。

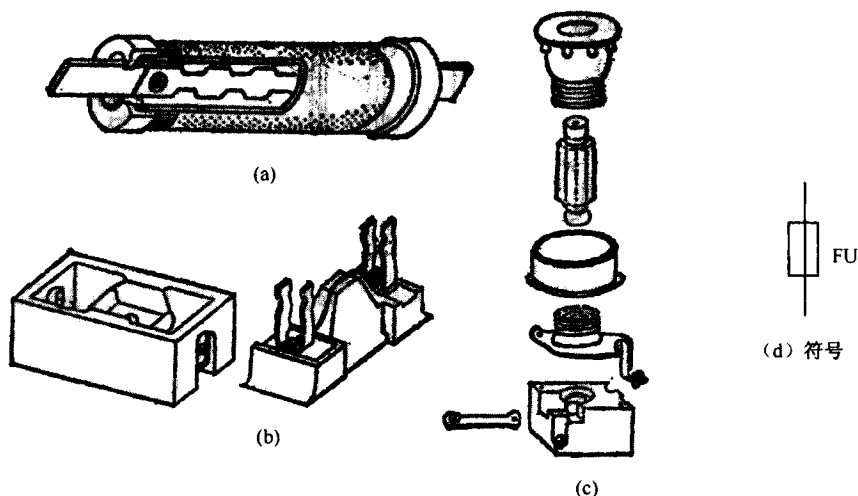


图 1.7 常见熔断器的结构图及其符号

熔体的选择方法如下。

照明灯支线的熔丝为

熔丝额定电流 $\geq$ 支线上所有照明灯的工作电流

一台电动机的熔丝为

为了防止电动机启动时电流较大而将熔丝烧断, 熔丝不能按电动机的额定电流来选择, 应按下式计算:

$$\text{熔丝的额定电流} \geq \frac{\text{电动机的启动电流}}{2.5}$$

如果电动机需频繁起、停, 则

$$\text{熔丝的额定电流} \geq \frac{\text{电动机的启动电流}}{1.6 \sim 2}$$

几台电动机合用的总熔丝一般可粗略地按下式计算:

熔丝额定电流 = $(1.5 \sim 2.5) \times$ 容量最大的电动机的额定电流 + 其余电动机的额定电流之和

熔丝的额定电流有 4、6、10、15、20、25、35、60、80、100、125、160、200、225、260、300、350、430、500、600A 等多种。

5. 自动空气开关

自动空气开关是一种常用的低压控制电器, 它不仅具有开关的作用, 还有短路、失压和过载保护的功能。

图 1.8 所示为自动空气开关结构示意图。图中的主触点是用手动操作机构使之闭合的。其工作原理为：

在正常情况下，连杆和锁钩扣在一起，过流脱扣器的衔铁释放，欠压脱扣器的衔铁吸合。当过流时，过流脱扣器的衔铁被吸合而顶开锁钩，使主触点断开以切断主电路。当欠压或失压时，欠压脱扣器的衔铁释放而顶开锁钩，使主触点断开以切断主电路。

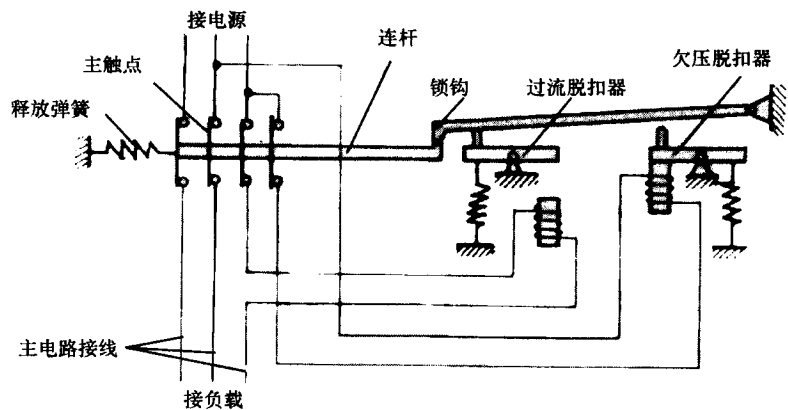


图 1.8 自动空气开关结构示意图

6. 行程开关

行程开关是根据运动部件的位移信号而动作的电器，其主要作用是行程控制和限位保护。

常用的行程开关有撞块式（也称直线式）和滚轮式。滚轮式又分为自动恢复式和非自动恢复式。对非自动恢复式，需运动部件反向运行时的撞压使之复位。

撞块式和滚轮式行程开关的工作机理相同，当运动部件速度较慢时要选用滚轮式。下面以撞块式行程开关为例说明行程开关的工作原理。

图 1.9 图（a）所示为撞块式行程开关的结构简图，图（b）是行程开关的符号。撞块要由运动机械来撞压。常态（撞块未受压）时，其常闭触点闭合、常开触点断开。当撞块受压时，常闭触点先断开、常开触点后闭合。当释放撞块时，其常开触点先断开、常闭触点后闭合。

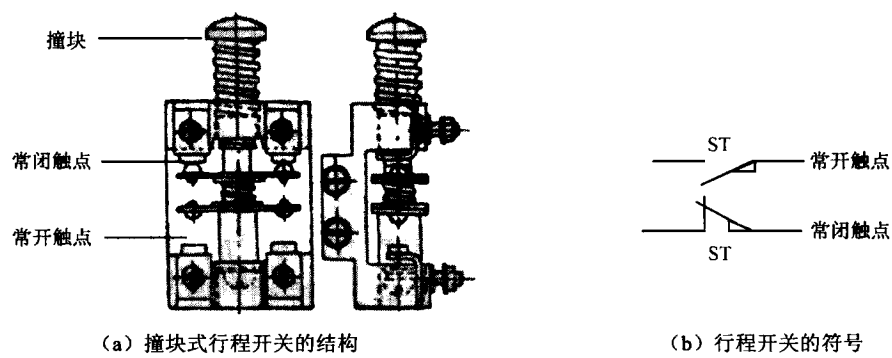


图 1.9 撞块式行程开关结构示意图及其符号

7. 时间继电器

时间继电器是实现时间控制的电器。较常见的有电磁式、电动式、空气阻尼式和电子式等。本节介绍空气阻尼式时间继电器。

空气阻尼式时间继电器可分为通电延时型和断电延时型两类。图 1.10 所示为通电延时型

空气阻尼式时间继电器的结构示意图与符号。其主要组成部分是电磁机构（电磁铁）、延时机构（空气室）和触点系统（微动开关）。空气室中伞形活塞5的表面固定着一层橡皮膜6，将空气室分为上、下两个空间。活塞杆3的下端固定着杠杆8的一端。一个延时动作的微动开关9，一个瞬时动作的微动开关13。两个微动开关里各有一个常开和常闭触点。

空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼作用达到延时控制的。其原理为：

当电磁铁的线圈1通电时，动铁心2被吸下，弹簧11被压缩。动铁心2上的挡板迅速压下微动开关13的撞块，使其中的常开和常闭触点立即动作。此时，动铁心与活塞杆3的下端之间出现一段间隙。在释放弹簧4的作用下，活塞杆向下移动，造成上空气室空气稀薄。活塞受到下空气室空气的压力，不能迅速下移。调节螺丝10时可改变进气孔7的进气量，使活塞以需要的速度下移。当活塞杆下移到一定位置时，杠杆8的上端撞动微动开关9的撞块，使其中的常开和常闭触点动作。

当线圈断电时，在弹簧11的作用下动铁心立即弹起，使两个微动开关中的全部触点立即复位。空气由出气孔12迅速排出。

由上述可知，图1.10中的通电延时型的时间继电器，其延时时间的长短为：自线圈通电时刻开始、直到延时动作的微动开关中触点动作所经历的时间。利用调节螺丝10调节进气孔的大小，可改变延时时间的长短。

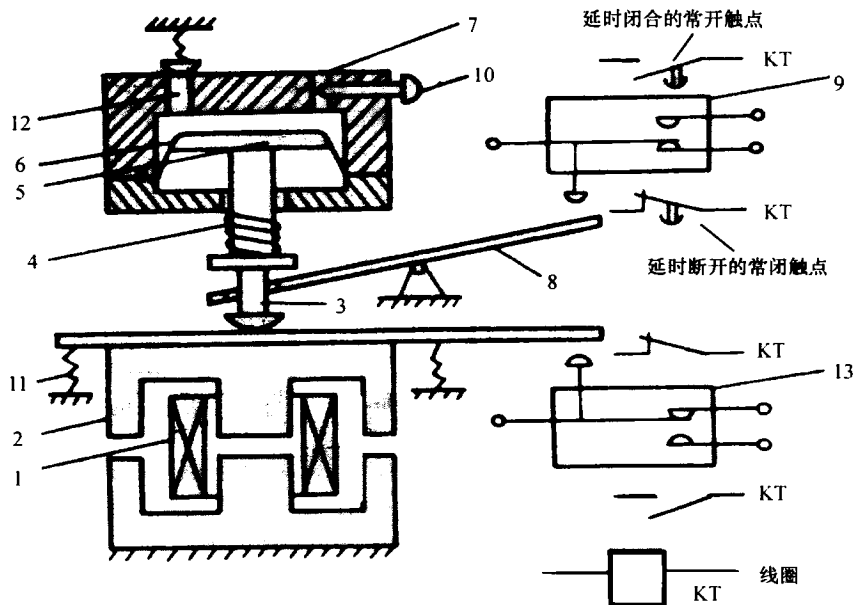


图 1.10 通电延时的时间继电器结构示意图与符号

图1.10中的时间继电器触点分为延时动作和瞬时动作两类：微动开关9中有延时断开的常闭触点和延时闭合的常开触点各一个，微动开关13中有瞬时动作的常开和常闭触点各一个。请注意它们符号的区别。

若将图1.10中的动、定铁心交换位置安装，就变成断电延时型的时间继电器。断电延时型的时间继电器的定时时间，是从电磁铁线圈断电时刻开始、直到延时动作的微动开关中触点复位所经历的时间。

空气式时间继电器的延时范围有0.4~60s和0.4~180s两种。与电磁式和电动式时间继