

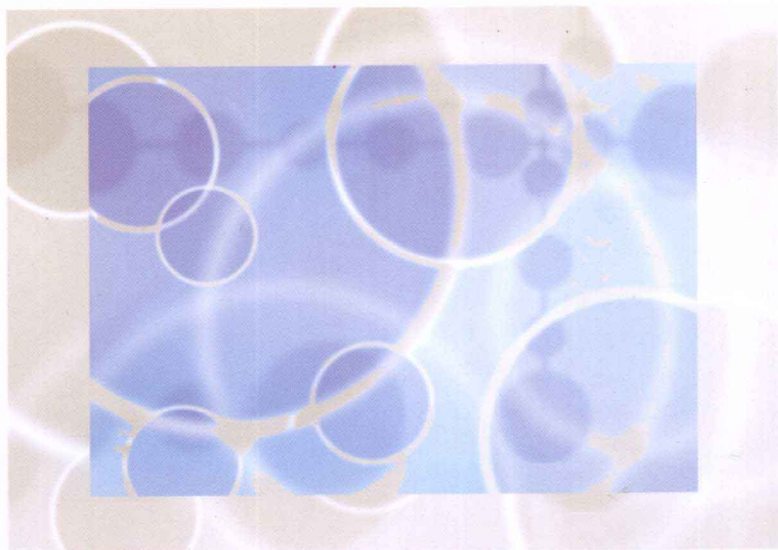


普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

电气控制及 PLC原理与应用

主 编 吴红霞 刘 洋
副主编 周 明



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

电气控制及 PLC 原理与应用

主 编 吴红霞 刘 洋
副主编 周 明

北 京
冶金工业出版社
2011

内 容 提 要

本书从实际工程应用和便于教学需要的角度出发,详细介绍了传统电气控制系统和可编程控制系统的工作原理、设计方法和实际应用等。全书共分为8章,第1章为传统电气控制部分,对常用低压电器的工作原理、使用方法进行了介绍,同时对典型电气控制线路进行了详细分析。第2~7章为可编程控制部分,以OMRON公司生产的CPIH为例,从工程案例出发,介绍了PLC的硬件和软件组成、工作原理、指令系统、使用方法和编程软件的使用等知识。第8章对人机界面——工业触摸屏进行了介绍,以OMRON公司NS系列触摸屏为例,通过实际案例讲述了工业触摸屏的应用。

本书以基于工作过程的编写模式,突出实用性,以典型案例为主线,将相关概念和知识贯穿其中,读者可以循序渐进地将理论与实践相结合。

本书可作为高等院校自动化、电气工程、电子信息、机电一体化等相关专业的教材,也可作为高职高专以及“可编程控制系统设计师”职业资格的培训教材或自学用书,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制及PLC原理与应用/吴红霞,刘洋主编. —北京:冶金工业出版社,2011.9

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5623-8

I. ①电… II. ①吴… ②刘… III. ①电气控制—高等学校—教材
②可编程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TM921.5 ②TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第170639号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 张 晶 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 王贺兰 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5623-8

北京印刷一厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011年9月第1版,2011年9月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;16.75印张;403千字;253页

32.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

“电气控制与可编程控制器”是各类高等院校电类专业的专业基础课程之一，它包含“传统电气控制”和“可编程控制器原理与应用”两部分内容。随着科学技术的发展，电气控制技术已发展到了一个相当的高度，传统电气控制技术的内容已经发生了很大的变化，有些已经被淘汰，但传统电气控制系统至今仍在许多简单的生产机械设备中广泛使用，也是学习更先进电气控制的基础。可编程序控制器（PLC）是一种专为工业环境而设计开发的，以微处理器为核心、高度集成化的新型工业控制装置。它融合了计算机、自动控制以及通信等先进技术，具有可靠性高、功能完善、组合灵活、功耗低以及编程简单易学等优点，已被广泛应用于工业生产的各个控制领域。

目前国内普遍使用的 PLC 产品有很多，比如三菱、西门子、施耐德、OMRON 等公司的产品，它们的工作原理和硬件组成大致相同，只是编程语言、内部元件和指令系统等方面有区别，本书以 OMRON 公司 CP1H 为例，介绍 PLC 的工作原理、组成、指令系统、PLC 系统相关设计、使用方法及编程软件使用方法。本书在编写时电气控制系统的图形符号和文字符号全部采用国家最新标准，为了适应新的发展需要，本书的最后一章还以 OMRON 公司 NS 系列触摸屏为例，介绍了工业触摸屏的应用方法。

本书编写时打破了传统的从结构、原理到应用的纵向编写模式，力图从学习者的认知角度，采用横纵结合的编写方法，以典型案例为主线，将每个案例分解成若干个任务进行驱动，将相关概念和原理等知识贯穿其中，并对相关知识进行拓展，再配合思考题和适当的习题，读者可以循序渐进地将理论与实践相结合。

本书由武汉东湖学院（原武汉大学东湖分校）吴红霞和武汉电力职业技术学院刘洋主编。参加编写的有中船重工第 709 研究所周明（第 8 章）、北京工业大学耿丹学院赵彦威（第 7 章 7.1 节）、武汉东湖学院吴红霞（绪论、第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 7 章 7.2 和 7.3 节）、武汉电力职业技术学院刘洋（第 3 章、第 5 章、第 6 章），全书由吴红霞统稿，武汉大学潘笑教授主审。

本书在编写过程中得到了武汉东湖学院、武汉电力职业技术学院等同仁的大力支持，同时，冶金工业出版社的工作人员也给予了大量帮助，在此向他们表示感谢。另外，作者参考了有关书籍和资料，在此也向其作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2011年5月于武汉

目 录

0 绪论	1
0.1 电气控制技术的发展	1
0.2 本课程的性质和任务	2
1 传统电气控制系统	3
1.1 常用低压电器	3
1.1.1 电器基本知识	3
1.1.2 接触器	5
1.1.3 继电器	8
1.1.4 开关电器	18
1.1.5 熔断器	21
1.1.6 主令电器	25
1.2 案例一：三相笼型异步电动机的全压启动控制	31
1.2.1 电气控制基础	31
1.2.2 案例说明	34
1.2.3 案例分析	34
1.2.4 知识进阶	35
1.2.5 应用拓展	36
1.3 案例二：三相笼型异步电动机的降压启动控制	40
1.3.1 定子串电阻（或电抗）降压启动	40
1.3.2 星形-三角形降压启动	41
1.3.3 串自耦变压器降压启动	41
1.3.4 延边三角形降压启动	42
1.4 案例三：三相笼型异步电动机的制动控制	43
1.4.1 反接制动	43
1.4.2 能耗制动	44
1.4.3 案例说明	44
1.4.4 案例分析	44
1.4.5 知识进阶	46
1.5 案例四：三相笼型异步电动机的调速控制	47
1.5.1 调速控制原理	47

1.5.2 案例说明	49
1.5.3 案例分析	49
1.6 本章小结	50
习题	51
2 OMRON CP1H 可编程控制器基础知识	53
2.1 可编程控制器概述	53
2.1.1 可编程控制器的产生与定义	53
2.1.2 可编程控制器的特点及应用	54
2.1.3 可编程控制器的主要性能指标与分类	55
2.1.4 可编程控制器与传统电气控制系统的比较	57
2.1.5 可编程控制器的国内外产品概况	58
2.2 可编程控制器的硬件组成	59
2.2.1 中央处理单元 (CPU)	60
2.2.2 存储器	61
2.2.3 输入/输出单元	61
2.2.4 电源	63
2.2.5 外围设备	63
2.2.6 通信接口	64
2.2.7 其他	64
2.3 可编程控制器的软件组成	64
2.3.1 系统程序	64
2.3.2 用户程序	65
2.4 OMRON CP1H 系列可编程控制器概述	67
2.4.1 CP1H 系列 PLC 简介	67
2.4.2 CP1H 系列 PLC 系统配置	67
2.5 CP1H 系列 PLC 的内部编程元件及其功能	70
2.5.1 概述	70
2.5.2 输入继电器和输出继电器	72
2.5.3 辅助继电器	74
2.5.4 定时器	78
2.5.5 计数器	79
2.5.6 其他编程元件	81
2.6 案例: 电动机自动正反转控制电路——可编程控制器工作原理	82
2.6.1 预备知识	82
2.6.2 案例说明	83
2.6.3 解决方案	83
2.6.4 知识进阶	84

2.7 本章小结	85
习题	86
3 CP1H 可编程控制器基本指令及其应用	87
3.1 案例一：三相异步电动机的正反转连锁控制——基本指令（一）	87
3.1.1 预备知识	87
3.1.2 控制要求	88
3.1.3 解决方案	88
3.1.4 知识进阶	90
3.1.5 应用拓展	92
3.1.6 思考题	92
3.2 案例二：水塔水位的控制——基本指令（二）	93
3.2.1 预备知识	93
3.2.2 水塔水位的控制要求	93
3.2.3 解决方案	94
3.2.4 知识进阶	95
3.2.5 应用拓展	97
3.2.6 思考题	98
3.3 案例三：单按钮单地控制电动机的启动和停止——基本指令（三）	98
3.3.1 预备知识	98
3.3.2 单按钮控制要求	99
3.3.3 解决方案	99
3.3.4 知识进阶	101
3.3.5 思考题	103
3.4 案例四：电动机顺序启停控制——基本指令（四）	103
3.4.1 预备知识——定时器指令	103
3.4.2 案例说明	104
3.4.3 解决方案	104
3.4.4 知识进阶	105
3.4.5 应用拓展	108
3.4.6 思考题	108
3.5 案例五：仓库停放汽车的数量统计——基本指令（五）	109
3.5.1 预备知识——计数器指令	109
3.5.2 案例说明	110
3.5.3 解决方案	110
3.5.4 知识进阶	111
3.5.5 应用拓展	113
3.5.6 思考题	113

3.6 本章小结	113
习题	113
4 可编程控制器程序设计方法	116
4.1 可编程控制器程序设计基础	116
4.1.1 开关量和模拟量	116
4.1.2 梯形图的编程规则	116
4.1.3 典型环节的梯形图程序	118
4.2 案例一：小车自动往返控制（一）——梯形图经验设计法	120
4.2.1 预备知识	120
4.2.2 案例说明	121
4.2.3 解决方案	121
4.2.4 知识进阶	122
4.2.5 应用拓展	122
4.3 案例二：小车自动往返控制（二）——梯形图“翻译”设计法	122
4.3.1 预备知识	122
4.3.2 案例说明	123
4.3.3 解决方案	123
4.3.4 知识进阶	124
4.3.5 思考题	125
4.4 案例三：小车自动往返控制（三）——单序列的顺序控制设计法	125
4.4.1 预备知识	125
4.4.2 案例说明	129
4.4.3 解决方案	130
4.4.4 知识进阶	131
4.4.5 思考题	135
4.5 案例四：自动门控制系统——选择序列的顺序控制设计法	135
4.5.1 预备知识	135
4.5.2 案例说明	136
4.5.3 解决方案	136
4.5.4 知识进阶	136
4.6 案例五：十字路口交通灯控制——并行序列的顺序控制设计法	140
4.6.1 案例说明	140
4.6.2 解决方案	141
4.6.3 知识进阶	143
4.6.4 思考题	145
4.7 案例六：彩灯控制系统——PLC 程序的时序逻辑设计法	146
4.7.1 预备知识	146

4.7.2 案例说明	148
4.7.3 解决方案	148
4.7.4 思考题	149
4.8 本章小结	149
习题	150
5 OMRON CP1H 可编程控制器功能指令及其应用	153
5.1 案例一：喷水池花式喷水的控制——数据类软元件及传送类指令	153
5.1.1 预备知识	153
5.1.2 案例说明	157
5.1.3 喷水池花式喷水控制要求	158
5.1.4 解决方案	158
5.1.5 知识进阶	159
5.1.6 应用拓展	160
5.1.7 思考题	161
5.2 案例二：七彩流水灯控制——比较指令及其应用	161
5.2.1 预备知识	161
5.2.2 七彩流水灯控制要求	162
5.2.3 解决方案	162
5.2.4 知识进阶	164
5.2.5 应用拓展	167
5.2.6 思考题	167
5.3 案例三：PLC 在冰淇淋机控制器中的应用——数据移位指令及其应用	167
5.3.1 预备知识	167
5.3.2 冰淇淋机控制器案例说明	169
5.3.3 解决方案	169
5.3.4 知识进阶	172
5.3.5 应用拓展	173
5.3.6 思考题	173
5.4 案例四：智能型打鼓音乐控制器的设计——字移位控制指令及其应用	174
5.4.1 预备知识	174
5.4.2 智能型打鼓音乐控制器控制要求	174
5.4.3 解决方案	175
5.4.4 知识进阶	176
5.4.5 思考题	177
5.5 案例五：物料供应车控制——逻辑运算指令及其应用	178
5.5.1 预备知识	178
5.5.2 物料供应车控制案例说明	179

5.5.3	解决方案	180
5.5.4	知识进阶	181
5.5.5	思考题	181
5.6	案例六：机械手的控制——程序控制类指令及其应用	182
5.6.1	预备知识	182
5.6.2	机械手控制案例说明	182
5.6.3	控制要求	183
5.6.4	解决方案	183
5.6.5	知识进阶	184
5.6.6	应用拓展	186
5.6.7	思考题	187
5.7	本章小结	187
	习题	187
6	编程软件及其使用	189
6.1	编程软件概述	189
6.1.1	CX-Programmer 的功能特点	189
6.1.2	CX-Programmer 的启动	190
6.1.3	CX-Programmer 窗口元素	190
6.2	案例：自动卷闸门控制——编程软件的应用	194
6.2.1	创建新工程与设置	195
6.2.2	硬件组态（设置 IO 表）	195
6.2.3	PLC 设置	197
6.2.4	编写程序	199
6.2.5	调试程序	204
6.2.6	在线仿真	207
6.3	本章小结	207
	习题	207
7	可编程控制器控制系统设计与应用	208
7.1	概述	208
7.1.1	可编程控制系统设计	208
7.1.2	可编程控制器的选择	210
7.1.3	PLC 与输入/输出设备的连接	214
7.1.4	节省输入/输出点数的方法	215
7.2	案例一：送料车控制——PLC 在开关量控制系统中的应用	218
7.2.1	案例说明	218
7.2.2	解决方案	219

7.3 案例二：试验电炉控制——PLC 在模拟量闭环控制系统中的应用	221
7.3.1 预备知识	221
7.3.2 案例说明	224
7.3.3 解决方案	224
7.4 本章小结	230
习题	230
8 人机界面——工业触摸屏	232
8.1 概述	232
8.1.1 触摸屏的分类与原理	232
8.1.2 OMRON NS 系列触摸屏	234
8.1.3 触摸屏终端	235
8.2 案例：水箱水位自动控制——工业触摸屏的应用	235
8.2.1 水箱水位自动控制案例说明	235
8.2.2 触摸屏选型	236
8.2.3 水位控制触摸屏监控系统实现	236
8.3 本章小结	245
习题	245
附录	246
附录 1 电气控制线路中常用的图形符号、文字符号	246
附录 2 CPM1A 系列 I/O 扩展单元基本情况	252
参考文献	253

0 绪 论

0.1 电气控制技术的发展

电气控制是以各类电动机或其他执行电器为动力的传动装置与系统为对象，以实现生产过程自动化的控制。电气控制技术是随着科学技术的不断发展，对生产工艺不断提出新的要求而迅速发展的。在控制方法上主要从手动控制到自动控制；在控制功能上，从简单的控制设备到复杂的自动控制系统；在操作方式上由笨重到轻巧；在控制原理上，由单一的有触点硬接线继电器控制系统转向为以微处理器为核心的软件控制系统。现代电气控制技术已经综合应用了计算机、自动控制、电子技术、自动检测等先进的科学技术成果，新的控制理论和新型电器以及电子器件的出现，将不断推动电气控制技术的发展。

作为生产机械的电动机拖动，其拖动方式在初期时，常用一台电动机拖动多台设备或一台机床的多个动作由同一台电动机拖动，即集中拖动，相应地电气控制系统比较简单。后发展为一台设备由一台电动机拖动，即单独拖动。随着生产机械功能增多和自动化程度的提高，其机械传动系统也就更加复杂。为了简化传动机构又出现了分散拖动形式，即各个运动机构分别由不同的电动机拖动，使电气控制复杂化。

随着电力拖动方式的演变与发展，电力拖动的控制方式也由最初的手动控制向自动控制方向发展。最初出现的是继电器-接触器控制系统，它是由传统的低压电器元件为基础，以控制电机的启动/停止、换向、调速等为主要内容的控制系统。具有控制简单、方便实用、价格低廉、易于维护、抗干扰能力强等优点，所以当时使用非常广泛，至今仍在许多简单的生产机械设备中广泛使用，也是学习更先进电气控制的基础。但是这种控制系统的缺点也非常明显，它体积庞大，采用固定的硬接线方式来完成各种控制逻辑，实现各种控制功能，所以其灵活性差。此外，由于机械式触点工作频率低，易损坏，所以可靠性差、难以适应频繁操作，也难以适应复杂控制对象的需求。

社会的发展和进步、科学技术的发展使电气控制技术不断向前发展。在实际生产中，工艺和流程是经常变化的，相应的控制系统也需要随着改变，采用固定的硬接线方式的继电器-接触器控制系统就无法满足这种需要了，因为其成本高，设计、施工周期长。后来出现的电子计算机、矩阵式顺序控制器和晶体管逻辑控制系统曾取代过继电器-接触器控制系统，但由于这些控制装置仍是采用硬接线方式，装置体积庞大，功能少，虽然提高了控制系统的通用性和灵活性，但均未得到广泛应用。

随着计算机技术和电子技术的发展，在 20 世纪 60 年代出现了一种新型的工业控制装置——可编程控制器（PLC），它以软件手段来实现各种控制功能，以微处理器为核心，具有通用性好、可靠性高、灵活性好、能适应恶劣的工业环境、指令系统简单、编程简单易学、体积小等优点，同时兼备了计算机控制系统功能完备、通用性和灵活性好和继电器-接

触器控制系统的操作方便、简单易懂、价格低廉等优点,不仅可以取代传统的继电器-接触器控制系统,还可以进行复杂的生产过程控制和应用工厂自动化网络。现在 PLC、CAD/CAM 和工业机器人被誉为现代工业生产自动化的三大支柱,在工业自动控制领域占有十分重要的地位。

另外,数控技术也是电气自动控制很重要的一个分支,它综合了计算机、自动控制、伺服驱动系统、精密检测与新型机械结构等多方面的最新技术成就。最近 20 多年来,机电一体化,机、电、光、仪一体化等交叉学科的发展,使得数控技术得到了飞速发展。因此,在机械制造、电气控制及自动控制领域相继出现了直接数字系统(DDC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(SIMS)、综合运用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、集散控制系统(DCS)、智能机器人、智能制造等高新技术。这些高新技术把整个自动控制系统和自动制造技术推到了更高的水平。

综上所述,电气控制技术的发展是伴随着社会生产规模的扩大、生产水平的不断提高而不断发展的,电气控制技术的进步又反过来促进了社会生产力的提高。随着微电子技术、电力电子技术、检测传感技术、机械制造技术的不断发展,电气控制技术也必将会不断发展。

0.2 本课程的性质和任务

本课程是一门实践性较强的专业课。电气控制技术在生产过程、科学研究及其他领域的应用十分广泛。本课程的主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍和讲解传统继电器-接触器控制系统和现代可编程控制系统的工作原理、设计方法和实际应用。电气控制技术涉及面很广,各种电气控制设备种类繁多,功能各异。其中可编程控制器是近几十年发展起来的新型工业控制器,由于它强大的功能和使用灵活、抗干扰能力强、可靠性高等优点,使得它已成为了现代工业生产自动化的支柱之一。所以本课程的重点在可编程控制器,但这并不意味着传统继电器-接触器控制系统就不重要了。这是因为:首先,传统继电器接触器控制系统至今仍在许多简单的生产机械设备中广泛使用,也是学习更先进电气控制的基础;其次,尽管可编程控制器可以取代传统继电器-接触器控制系统,但它所取代的主要是逻辑控制部分,可编程控制系统的外部输入和输出部分仍然需要由传统电气元件和控制电路来完成,所以对传统继电器-接触器控制系统的学习还是有必要的。本课程的目的是让学生掌握一门工业控制技术,并培养和提高学生的实际应用能力和动手能力。

本课程的基本任务是:

- (1) 熟练掌握常用低压电气元件的用途、结构和工作原理,达到正确使用和选用的目的;
- (2) 熟练掌握电气控制线路基本环节的原理与用途,具备一般电气控制线路的独立分析和设计能力;
- (3) 掌握可编程控制器(PLC)的基本构成、工作原理和工作过程;
- (4) 掌握一种小型 PLC 的构成、工作原理、编程元件、编程语言和指令系统;
- (5) 掌握可编程控制器控制系统的设计方法,并会加以运用;
- (6) 掌握和了解可编程控制器的网络与通信原理以及 HMI 的使用;
- (7) 了解可编程控制系统实际应用的设计步骤和方法。

1 传统电气控制系统

本章要点

- 常用低压电器的用途、结构和工作原理
- 电气控制线路图的图形符号和文字符号、绘制原则
- 三相笼型异步电动机的基本控制线路
- 电气控制原理图的分析

低压电器、传感器和执行器件是工业电气控制系统的基本组成元件。本章将介绍常用低压电器的结构、工作原理和用途以及使用方法等知识，同时通过案例来介绍电气基本控制线路的组成、工作原理和分析方法，为后续章节的学习打下基础。

1.1 常用低压电器

1.1.1 电器基本知识

1.1.1.1 电器的定义

在工业意义上，电器是指能够根据外界施加的信号和要求，自动或手动地接通或断开电路，断续或连续地改变电路参数，实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、调节的电气设备。

1.1.1.2 电器的分类

电器的种类繁多、功能多样、结构各异，工作原理也不相同。常用的分类有以下几种。

A 按工作电压等级分类

(1) 高压电器。工作电压在 AC1200V、DC1500V 及以上的各种电器，例如高压熔断器、高压断路器、高压隔离开关等。

(2) 低压电器。工作电压在 AC1200V、DC1500V 以下的各种电器，例如接触器、继电器、按钮等。

B 按用途分类

(1) 控制电器。用于各种控制电路和控制系统的电器，要求具有一定通断能力、操作频率高、电器机械寿命长，如接触器、继电器等。

(2) 保护电器。用于对控制线路和电气设备实施保护的电器，要求有一定通断能力、可靠性高、反应灵敏，如熔断器、热继电器等。

(3) 主令电器。用于自动控制系统中发送控制指令的电器，要求操作频率高、抗冲击能力强、电器机械寿命长，如按钮、行程开关、万能转换开关等。

(4) 配电电器。用于电能的输送和分配的电器，要求分断能力强，限流效果好、动稳定性及热稳定性好，如断路器、隔离开关、刀开关等。

(5) 执行电器。用于执行某种动作或传送功能的电器，如电磁铁等。

C 按工作原理分类

(1) 电磁式电器。根据电磁感应原理来工作的电器，如接触器、电磁式继电器等；电磁式电器在低压电器中占有十分重要的地位，在电气控制系统中的应用最为普遍。

(2) 非电量控制电器。靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器，如温度继电器、速度继电器、热继电器、按钮等。

1.1.1.3 常用低压电器的主要种类和用途

常用低压电器的主要种类和用途见表 1-1。

表 1-1 常用低压电器的主要种类和用途

序号	类别	主要品种	用途
1	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负载，接通或分断大电流回路
		直流接触器	
2	继电器	电压继电器	主要用于控制电路中，把被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		电流继电器	
		中间继电器	
		时间继电器	
		热继电器	
		速度继电器等	
3	断路器	框架式断路器	主要用于电路的过载保护、短路保护、欠电压保护、漏电压保护等，也可用于不频繁接通和断开电路
		塑料外壳式断路器	
		限流式断路器	
		直流快速断路器	
		漏电保护断路器	
4	刀开关	负荷开关	主要用于电路的隔离，有时也能分断负荷
		开关板用刀开关	
		熔断器式刀开关	
5	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路的短路保护
		无填料熔断器	
		瓷插式熔断器	
		快速熔断器	
		自复式熔断器	
6	主令电器	按钮	用来短时接通或分断小电流回路
		转换开关	用于各种配电装置的电源隔离、电路转换、电动机远距离控制等
		行程开关	用于控制生产机械的运动方向、速度、行程大小或位置

续表 1-1

序号	类别	主要品种	用途
6	主令电器	接近开关	可用于一般行程控制和限位保护、高速计数、测速、液面控制、检测金属物体的存在等
		光电开关	可用于物位检测、液位控制、产品计数、速度检测等
7	信号电器	指示灯	用于对某些信号给出指示、报警等信息
		电铃	
		蜂鸣器	
8	执行电器	电磁铁	根据控制系统的逻辑要求执行相应命令
		电磁阀	
		电磁制动器	

1.1.2 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，用于中远距离频繁地接通与断开交、直流主电路及大容量控制电路，它具有低压释放保护功能，有控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济等特点。

接触器种类很多，按驱动力大小不同可分为电磁式、气动式和液压式。其中电磁式使用最为广泛。按主触点通过电流种类的不同，可分为交流接触器和直流接触器。按主触点的对数可分为单极、双极、三极、四极和五极等。下面就以交流电磁式接触器为例来介绍接触器。

1.1.2.1 接触器的结构

交流接触器的结构示意图如图 1-1 所示。主要由 4 部分组成：

(1) 电磁机构。电磁机构是接触器的感测部件，由线圈、动铁心（衔铁）和静铁心组成，动铁心的活动部分与触点系统相连，其作用是将电磁能转换为机械能，产生电磁吸力带动触点系统动作。在线圈中通以励磁信号，静铁心中就会产生磁场，从而吸引衔铁，带动触点系统断开或接通受控电路。断电时就会释放使触点系统复原。

(2) 触点系统。触点系统是接触器的执行部件，用于接通或断开被控制的电路。要求其导电、导热性能良好，通常用铜、银、镍及其合金材料制成，有时也在铜触点表面电镀上锡、银或镍。一对触点通常由动、静触头组合而成。

触点按照可承担负载电流的大小，分为主触点和辅助触点，主触点一般容量较大，允许通过较大电流，用于接通和分断主电路；辅助触点一般容量较小，只能通过较小电流，无灭弧装置，常用于接通和分断控制电路，还能起互锁和联锁作用，按其初始位置可分为常闭触点和常开触点。自然状态时（吸引线圈未通电时），动、静触头是相互闭合

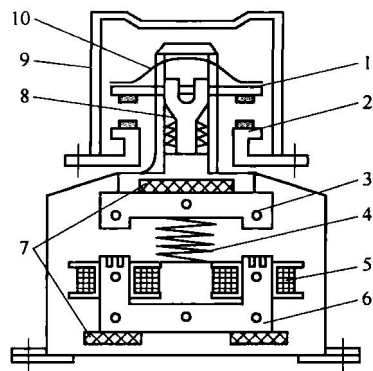


图 1-1 交流接触器结构示意图

- 1—动触点；2—静触点；3—动铁心；
4—缓冲弹簧；5—电磁线圈；6—静铁心；
7—垫毡；8—接触弹簧；9—灭弧罩；
10—触点压力簧片