

21世纪高等职业教育机电类规划教材

21 Shiji Gaodeng Zhiye Jiaoyu Jidianlei Guihua Jiaocai

# 电气控制 与PLC

DIANQI KONGZHI YU PLC

阮友德 主编 张迎辉 主审

- 提供丰富的实训内容
- 介绍最新的实用技术
- 培养较强的专业技能



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



精品系列

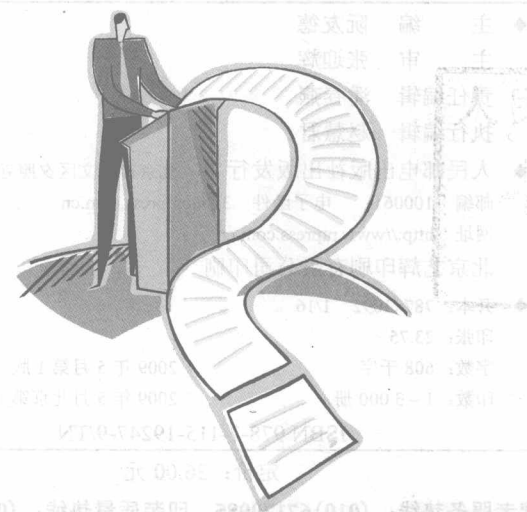
21世纪高等职业教育机电类规划教材

21 Shiji Gaodeng Zhiye Jiaoyu Jidianlei Guihua Jiaocai

# 电气控制 与PLC

DIANQI KONGZHI YU PLC

阮友德 主编 张迎辉 主审



人民邮电出版社

北京



精品系列

## 图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC / 阮友德主编. —北京: 人民邮电出版社, 2009. 5  
21世纪高等职业教育机电类规划教材  
ISBN 978-7-115-19247-9

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第183028号

## 内 容 提 要

本书遵循“以能力培养为核心,以技能训练为主线,以理论知识为支撑”的编写思想,以“管用、适用、够用”为原则,按照“基于工作过程的教学模式”编写而成,充分体现了教材的科学性、先进性、实用性和可操作性。

本书是一本理论与实训一体化的教材,集理论知识、技术应用、工程设计和创新思维于一体,以35个实训贯穿始终,内容涵盖了PLC的组成、工作原理、编程工具、指令系统、特殊功能模块、变频器及其综合应用。

本书可作为大中专院校机、电类专业的理论与实训教材,也可作为技能培训教材,还可供相关工程技术人员参考。

21世纪高等职业教育机电类规划教材

## 电气控制与PLC

- ◆ 主 编 阮友德
- 主 审 张迎辉
- 责任编辑 潘春燕
- 执行编辑 赵慧君
- ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京艺辉印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 23.75  
字数: 608千字  
印数: 1-3 000册
- 2009年5月第1版  
2009年5月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-19247-9/TN

定价: 36.00元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154

# 本书编委会

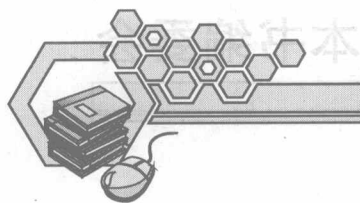
主任 黄炳华

副主任 李继中 阮友德

委员 邓松 易国民 张迎辉 陈素芳 唐佳

张仁醒 杜江 李金强 刘振鹏 吴锋

杨保安 邵庆龙 杨水昌 谢春燕 李剑锋



## 丛书前言

目前,高职高专教育已经成为我国普通高等教育的重要组成部分。在高职高专教育如火如荼的发展形势下,高职高专教材也百花齐放。根据教育部发布的《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(简称16号文)的文件精神,本着为进一步提高高等职业教育的教学质量服务的根本目的,同时针对高职高专院校机电一体化、数控、模具类专业教学思路和方法的不断改革和创新,人民邮电出版社精心策划了这套高质量、实用型的教材——“21世纪高等职业教育机电类规划教材”。

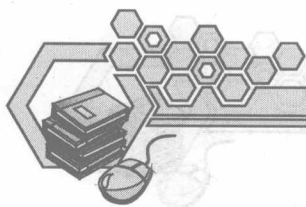
本套教材主要遵循“以就业为导向,工学结合”的原则,以实用为基础,根据企业的实际需求进行课程体系设置和相应教材内容的选取,注重提高案例教学的比重,突出培养机械类应用型人才解决实际问题的能力,满足高等职业教育“社会评估”的教学特征。本套教材中的每一部作品都特色鲜明,集高质量与实用性为一体。

本套教材中绝大多数品种是我社多年来高职高专机电类精品教材的积淀,经过了广泛的市场检验,赢得了广大师生的认可。为了适应新的教学要求,紧跟新的技术发展,我社再一次组织了广泛深入的调研,组织了上百名教师、专家对原有教材做认真的分析和研讨,在此基础上重新修订出版。本套教材中还有一部分品种是首次出版,其原稿也在教学过程中多次使用,是教师们多年来教学经验的总结,集中反映了高等职业教育近几年来教学改革成果。

本套教材的作者都具有丰富的教学经验和写作经验,思路清晰,文笔流畅。教材充分体现了高职高专教学的特点,深入浅出,言简意赅。理论知识以“够用”为度,突出工作过程导向,突出实际技能的培养。

本套教材配套的教学辅助包充分利用现代技术手段,提供丰富的教学辅助资料,其中包括由电子教案、实例素材、习题库及答案、试卷及答案等组成的一般教辅资料,部分教材还配有由图片、动画或视频等组成的电子课件。

我们期望,本系列教材的编写和推广应用,能够进一步推动我国机电类职业教育的教学模式、课程体系和教学方法的改革,使我国机电类职业教育日臻成熟和完善。欢迎更多的老师参与到本系列教材的建设中来。对本系列教材有任何的意见和建议,或有意向参与本系列教材后续的编审工作,请与人民邮电出版社教材图书出版分社联系,联系方式:010-67170985, maxiaoxia@ptpress.com.cn。



# 前 言 目 录

随着 PLC 技术的普及,企业对 PLC 技术人才的需求明显增加。目前,全国各高职院校的机电、自动化等专业均开设了相关课程。近年来,一些院校将电气控制与 PLC 两门课程整合为一门课程,这种整合体现了以实用为目的的高职教育特色,更强化了对理论知识的实际应用。为了真正贯彻这一教学目的,本书在总结深圳职业技术学院和其他院校电气控制与 PLC 课程的理论与实践教学经验的基础上,按照以下原则编写。

(1) 在编写思想上,遵循“以能力培养为核心,以技能训练为主线,以理论知识为支撑”的原则,将理论与实训融为一体。PLC、变频器都是应用性很强的实用设备,其理论与实训的结合显得尤为重要,因此,本书按照“基于工作过程的教学模式”编排教材内容,每章均从理论知识入手,实训部分以理论为依托,通过实训项目掌握相关知识和技能。

(2) 在内容选择上,按照“管用、适用、够用”的原则精选内容,以实现学校和企业的无缝对接。本书选取在世界小型机市场上约占 70% 份额的三菱 FX 系列 PLC 作为蓝本(即管用);实训项目和工程应用选择了目前企业广泛使用的设备和技术,如恒压供水和变频调速技术(即适用);在理论内容的安排上只介绍了与实训相关的知识点,避免了内容的广而全、新而奇(即够用)。

(3) 在实训指导上,实行“三级指导”(即全指导、半指导和零指导),使各个层次的学生均有所获。每个实训项目都安排了 3 个任务:第 1 个为全指导,即按照实训任务、软件设计、硬件设计、系统调试、实训报告等内容编写;第 2 个为半指导,即按照实训要求、调试步骤等内容编写,对于软件设计、硬件设计、实训器材等由学生自行完成;第 3 个为零指导,即在实训报告中只给出一个控制要求,其余内容均由学生自行完成。通过全指导、半指导可以使学生举一反三,触类旁通;通过零指导,可以培养和提高学生的设计能力、创新意识和创新能力,从而使各个层次的学生均有所获。

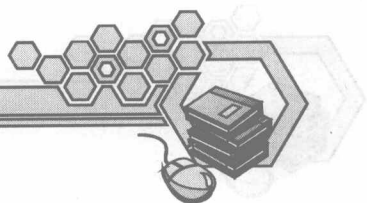
此外,本书在内容阐述上,力求简明扼要、层次清楚、图文并茂、通俗易懂;在结构编排上,遵循循序渐进、由浅入深;在实训项目的安排上,强调实用性、可操作性和可选择性。

本书由阮友德、邓松任主编,张迎辉审定,阮友德统稿。阮友德编写了第 2 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 8 章、第 9 章,附录及 3.1、3.2、3.4 节,邓松编写了第 1 章、第 7 章,易国民编写了 3.3 节。在编写过程中,得到了历届“教育部高职高专 PLC、变频器综合应用技术师资培训班”成员、三菱电机自动化公司驻深圳办事处及深圳普泰科技公司的大力帮助,在此一并表示感谢。

由于时间仓促以及编者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,欢迎读者提出批评和建议。

编 者

2008 年 10 月



<b>第 1 章 常用低压电器</b> .....	1	1.8.5 电机保护器 .....	30
1.1 概述 .....	1	1.8.6 信号继电器 .....	30
1.1.1 低压电器的分类 .....	1	1.8.7 其他电器 .....	30
1.1.2 低压电器的型号表示法 .....	2	1.9 电动机 .....	32
1.1.3 低压电器的主要技术数据 .....	4	1.9.1 三相异步电动机 .....	32
1.1.4 选择低压电器的注意事项 .....	5	1.9.2 直流电机 .....	37
1.2 电磁机构及触头系统 .....	5	<b>思考题</b> .....	39
1.2.1 电磁机构 .....	6	<b>第 2 章 电气控制系统的基本控制</b>	
1.2.2 触头系统 .....	7	<b>电路</b> .....	40
1.2.3 电弧的产生与熄灭 .....	8	2.1 电气控制系统基础知识 .....	40
1.3 接触器 .....	9	2.1.1 图形符号和文字符号 .....	40
1.3.1 结构 .....	9	2.1.2 电路图 .....	41
1.3.2 工作原理 .....	10	2.1.3 元件布置图 .....	43
1.3.3 常用接触器 .....	10	2.1.4 接线图 .....	43
1.3.4 接触器的选用 .....	11	2.2 电动机直接启动控制电路 .....	44
1.4 继电器 .....	12	2.2.1 电动机的点动控制 .....	44
1.4.1 热继电器 .....	12	2.2.2 电动机的单向连续运行	45
1.4.2 时间继电器 .....	13	控制 .....	45
1.4.3 电磁式继电器 .....	15	2.2.3 电动机单向点动与连续	45
1.5 熔断器 .....	17	运行控制 .....	45
1.6 开关电器 .....	18	<b>实训 1 电动机的启保停控制</b> .....	47
1.6.1 刀开关 .....	18	2.3 电动机的制动控制电路 .....	49
1.6.2 低压断路器 .....	19	2.3.1 反接制动 .....	49
1.6.3 漏电保护开关 .....	21	2.3.2 能耗制动 .....	50
1.7 主令电器 .....	24	<b>实训 2 电动机的能耗制动控制</b> .....	50
1.7.1 按钮开关 .....	24	2.4 电动机降压启动控制电路 .....	53
1.7.2 转换开关 .....	25	2.4.1 Y/ $\Delta$ 降压启动 .....	53
1.7.3 位置开关 .....	25	2.4.2 定子串接电阻降压启动 .....	54
1.8 其他新型电器 .....	26	2.4.3 定子串接自耦变压器	55
1.8.1 接近开关 .....	26	降压启动 .....	55
1.8.2 温度继电器 .....	27	2.4.4 转子绕组串接电阻启动 .....	56
1.8.3 固态继电器 .....	28	2.4.5 转子绕组串接频敏变阻器	57
1.8.4 光电继电器 .....	29	启动 .....	57



实训 3 电动机的 Y/ $\Delta$ 降压启动控制 .....	58	思考题 .....	112
2.5 电动机的调速控制电路 .....	61	<b>第 4 章 PLC 及其编程工具</b> .....	113
2.5.1 双速电动机的控制 .....	61	4.1 PLC 的基本组成 .....	113
2.5.2 三速电动机的控制 .....	62	4.1.1 外部结构 .....	114
2.6 电动机的其他基本控制电路 .....	64	4.1.2 内部硬件 .....	116
2.6.1 电动机的多地控制 .....	64	4.1.3 内部结构 .....	117
2.6.2 电动机的正反转控制 .....	65	4.1.4 软件 .....	120
2.6.3 电动机的行程控制 .....	65	4.2 PLC 的软元件 .....	121
2.6.4 电动机的顺序控制 .....	66	4.2.1 输入继电器 .....	122
实训 4 电动机的正反转控制 .....	68	4.2.2 输出继电器 .....	122
实训 5 电动机的自动顺序控制 .....	69	4.2.3 辅助继电器 .....	123
2.7 直流电动机的控制电路 .....	71	4.2.4 状态继电器 .....	124
2.7.1 电路组成 .....	71	4.2.5 定时器 .....	125
2.7.2 工作原理 .....	72	4.2.6 计数器 .....	126
思考题 .....	73	4.2.7 数据寄存器 .....	128
<b>第 3 章 电气控制系统的分析、设计与检修</b> .....	74	4.2.8 变址寄存器 .....	129
3.1 电气控制系统的分析方法 .....	74	4.2.9 指针 .....	129
3.1.1 查线读图法 .....	74	4.2.10 常数 .....	129
3.1.2 逻辑代数法 .....	75	4.3 PLC 的工作原理 .....	129
3.2 电气控制系统分析 .....	76	4.4 GX Developer 编程软件 .....	131
3.2.1 车床电气控制系统 .....	77	4.4.1 编程软件的安装 .....	131
3.2.2 钻床电气控制系统 .....	79	4.4.2 程序的编制 .....	132
3.2.3 镗床电气控制系统 .....	82	4.4.3 程序的写入、读出 .....	135
实训 6 车床、钻床、镗床的线路连接与操作 .....	87	实训 8 GX Developer 编程软件的基本操作 .....	136
3.3 电气控制系统设计 .....	89	4.4.4 程序的编辑 .....	138
3.3.1 设计的原则、程序和内容 .....	89	4.4.5 其他功能 .....	139
3.3.2 电气原理图设计 .....	91	实训 9 GX Developer 编程软件的综合操作 .....	140
3.3.3 电气工艺设计 .....	94	4.5 FX-20P-E 型手持式编程器 .....	142
3.3.4 设计实例 .....	97	4.5.1 编程器的组成 .....	142
3.4 电气控制系统检修 .....	102	4.5.2 编程器的面板 .....	142
3.4.1 检修工具 .....	102	4.5.3 编程器的工作方式选择 .....	144
3.4.2 检修步骤 .....	103	4.5.4 程序的写入 .....	145
3.4.3 检修方法 .....	105	4.5.5 程序的读出 .....	148
实训 7 车床、钻床、镗床的故障检修 .....	108	4.5.6 程序的修改 .....	149
		4.5.7 程序的插入 .....	150
		4.5.8 程序的删除 .....	151
		实训 10 FX-20P-E 型编程器的	





基本操作.....	152	5.3 常用基本电路的程序设计.....	179
4.5.9 元件的监视.....	153	5.3.1 启保停电路.....	179
4.5.10 元件的测试.....	155	实训 16 启保停电路的应用.....	180
4.5.11 离线工作方式.....	156	5.3.2 定时电路.....	182
4.5.12 密码的设定与解除.....	157	5.3.3 计数电路.....	184
实训 11 FX-20P-E 型编程器的		5.3.4 振荡电路.....	184
综合操作.....	158	实训 17 振荡电路的应用.....	185
思考题.....	160	5.4 PLC 程序设计.....	188
<b>第 5 章 PLC 基本逻辑指令及其应用</b> .....	<b>161</b>	5.4.1 梯形图的基本规则.....	188
5.1 基本逻辑指令.....	161	5.4.2 程序设计的方法.....	190
5.1.1 逻辑取及驱动线圈指令		5.4.3 梯形图程序设计的技巧.....	194
LD/LDI/OUT.....	161	实训 18 PLC 控制的电动机正反转	
5.1.2 触点串、并联指令		能耗制动.....	195
AND/ANI/OR/ORI.....	162	实训 19 PLC 控制的电动机 Y/ $\Delta$	
实训 12 基本逻辑指令 (1).....	164	启动.....	198
5.1.3 电路块连接指令		思考题.....	201
ORB/ANB.....	165	<b>第 6 章 PLC 步进顺控指令及其</b>	
5.1.4 多重输出电路指令		应用.....	204
MPS/MRD/MPP.....	166	6.1 状态转移图.....	204
实训 13 基本逻辑指令 (2).....	167	6.1.1 流程图.....	204
5.1.5 置位与复位指令		6.1.2 状态转移图.....	205
SET/RST.....	168	6.1.3 状态转移图的理解.....	207
5.1.6 脉冲输出指令		6.2 步进顺控指令及其编程方法.....	207
PLS/PLF.....	169	6.2.1 步进顺控指令.....	207
5.1.7 运算结果脉冲化指令		6.2.2 状态转移图的编程方法.....	207
MEP/MEF.....	170	6.2.3 编程注意事项.....	208
5.1.8 脉冲式触点指令 LDP/LDF/		6.3 单流程的程序设计.....	209
ANDP/ANDF/ORP/ORF.....	171	6.3.1 设计方法和步骤.....	209
5.1.9 主控触点指令 MC/MCR.....	172	6.3.2 程序设计实例.....	210
5.1.10 逻辑运算结果取		实训 20 单流程程序设计.....	212
反指令 INV.....	173	6.4 选择性流程的程序设计.....	215
5.1.11 空操作和程序结束指令		6.4.1 选择性流程及其编程.....	215
NOP/END.....	173	6.4.2 程序设计实例.....	216
实训 14 基本逻辑指令 (3).....	174	实训 21 选择性流程程序设计.....	217
5.2 程序的执行过程.....	175	6.5 并行性流程的程序设计.....	219
5.2.1 程序的执行过程.....	175	6.5.1 并行性流程及其编程.....	219
5.2.2 输入/输出滞后时间.....	176	6.5.2 程序设计实例.....	220
5.2.3 双线圈输出.....	177	实训 22 并行性流程的程序设计.....	222
实训 15 程序执行过程实训.....	177	6.6 复杂流程及跳转流程的	



程序设计·····	226	思考题·····	274
6.6.1 复杂流程的程序编制·····	226	<b>第 8 章 PLC 的相关知识</b> ·····	275
6.6.2 跳转流程的程序编制·····	229	8.1 PLC 的产生·····	275
6.7 用辅助继电器实现顺序		8.1.1 PLC 的由来·····	275
控制的程序设计·····	230	8.1.2 PLC 的定义·····	276
6.7.1 用辅助继电器实现顺序		8.2 PLC 的分类·····	276
控制的设计思想·····	230	8.2.1 按输入/输出点数分·····	276
6.7.2 使用启保停电路的程序		8.2.2 按结构形式分·····	277
设计·····	230	8.2.3 按生产厂家分·····	277
6.7.3 使用置位复位指令的		8.3 FX 系列 PLC 概述·····	278
程序设计·····	233	8.3.1 概况·····	278
实训 23 用辅助继电器实现		8.3.2 型号含义·····	278
顺序控制·····	235	8.3.3 FX <sub>1S</sub> 系列 PLC·····	278
思考题·····	236	8.3.4 FX <sub>1N</sub> 系列 PLC·····	279
<b>第 7 章 PLC 功能指令、特殊模块</b>		8.3.5 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC·····	279
<b>及其应用</b> ·····	238	8.3.6 FX <sub>3U</sub> 系列 PLC·····	279
7.1 功能指令概述及基本规则·····	238	8.3.7 一般技术指标·····	280
7.1.1 功能指令的表达形式·····	238	8.4 PLC 的特点·····	281
7.1.2 数据长度和指令类型·····	239	8.5 PLC 的应用领域及发展趋势·····	282
7.1.3 操作数·····	240	8.5.1 PLC 的应用领域·····	282
7.2 常用功能指令简介·····	241	8.5.2 PLC 的发展趋势·····	283
7.2.1 程序流程指令·····	241	思考题·····	284
7.2.2 传送与比较指令·····	242	<b>第 9 章 通用变频器及其应用</b> ·····	285
7.2.3 算术与逻辑运算指令·····	245	9.1 三相交流异步电动机的调速·····	285
7.2.4 循环与移位指令·····	249	9.1.1 交流调速原理·····	285
7.2.5 数据处理指令·····	250	9.1.2 调速的基本方法·····	286
7.2.6 外部设备 I/O 指令·····	252	9.2 变频器的结构·····	288
7.2.7 触点比较指令·····	254	9.2.1 外部结构·····	288
实训 24 常用功能指令的应用·····	256	9.2.2 内部结构·····	288
7.3 特殊功能模块·····	259	9.3 变频器的工作原理·····	290
7.3.1 温度 A/D 输入模块		9.3.1 基本控制方式·····	290
FX <sub>2N</sub> -4AD-PT·····	259	9.3.2 逆变的基本原理·····	291
实训 25 FX <sub>2N</sub> -4AD-PT 的应用·····	262	9.3.3 正弦脉宽调制·····	293
7.3.2 模拟量输入模块		9.3.4 脉宽调制型变频器·····	294
FX <sub>3U</sub> -4AD·····	264	9.4 变频器的 PU 操作·····	296
实训 26 FX <sub>3U</sub> -4AD 的应用·····	268	9.4.1 主接线·····	296
7.3.3 D/A 输出模块		9.4.2 操作面板·····	296
FX <sub>2N</sub> -2DA·····	270	9.4.3 变频器的基本参数·····	298
实训 27 FX <sub>2N</sub> -2DA 的应用·····	272	9.4.4 PU 单元的操作·····	299

实训 28 变频器的 PU 操作 ..... 303

9.5 变频器的 EXT 运行操作 ..... 305

    9.5.1 外部端子 ..... 305

    9.5.2 外部运行操作 ..... 309

实训 29 外部信号控制变频器的运行 ..... 310

9.6 变频器的组合操作 ..... 311

    9.6.1 组合运行方式 ..... 311

    9.6.2 参数设置 ..... 312

实训 30 变频器的组合操作 ..... 313

9.7 变频器的多段调速及应用 ..... 314

    9.7.1 变频器的多段调速 ..... 314

    9.7.2 注意事项 ..... 315

实训 31 三相异步电动机多速运行的综合控制 ..... 315

实训 32 PLC、变频器在恒压供水系统中的应用 ..... 317

9.8 变频器的程序运行及应用 ..... 321

    9.8.1 参数设置 ..... 321

    9.8.2 控制端子 ..... 323

    9.8.3 程序运行方式 ..... 323

    9.8.4 应用实例 ..... 324

实训 33 PLC、变频器在工业洗衣机控制系统中的综合应用 ..... 326

实训 34 PLC、变频器在刨床控制系统中的综合应用 ..... 329

9.9 变频器的模拟量控制及应用 ..... 332

    9.9.1 相关端子及参数 ..... 332

    9.9.2 FX<sub>ON</sub>-3A 模块的使用 ..... 332

实训 35 PLC、模拟量模块及变频器的综合应用 ..... 333

    思考题 ..... 336

附录 A 常用图形符号和文字符号 ..... 337

附录 B FX<sub>2N</sub> 的性能规格 ..... 340

附录 C FX 系列 PLC 的软元件 ..... 342

附录 D FX 系列 PLC 功能指令一览表 ..... 344

附录 E 变频器参数表 ..... 351

附录 F 变频器出错 (报警) 定义 ..... 359

附录 G 可编程控制器实训装置简介 ..... 366

参考文献 ..... 370

# 第 1 章

## 常用低压电器

### 1.1 概述

电器对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用,是所有电工器械的简称。我国现行标准将工作在交流 50 Hz、额定电压 1 200 V 及以下和直流额定电压 1 500 V 及以下电路中的电器称为低压电器。低压电器种类繁多,它作为基本元器件已广泛用于发电厂、变电所、工矿企业、交通运输和国防工业等电力输配电系统和电力拖动控制系统中。随着科学技术的不断发展,低压电器将会沿着体积小、质量轻、安全可靠、使用方便及性价比高的方向发展。

#### 1.1.1 低压电器的分类

低压电器的品种、规格很多,作用、构造及工作原理各不相同,因而有多种分类方法。

##### 1. 按用途分

低压电器按它在电路中所处的地位和作用可分为控制电器和配电电器两大类:控制电器是指电动机完成生产机械要求的启动、调速、反转和停止所用的电器;配电电器是指正常或事故状态下接通或断开用电设备和供电电网所用的电器。

##### 2. 按动作方式分

低压电器按它的动作方式可分为自动切换电器和非自动切换电器两大类:前者是依靠本身参数的变化或外来信号的作用,自动完成接通或分断等动作;后者主要是用手直接操作来进行切换。



### 3. 按有无触点分

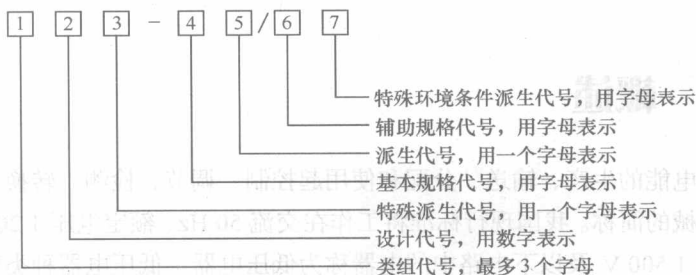
低压电器按它有无触点可分为有触点电器和无触点电器两大类：有触点电器有动触点和静触点之分，利用触点的合与分来实现电路的通与断；无触点电器没有触点，主要利用晶体管的导通与截止来实现电路的通与断。

### 4. 按工作原理分

低压电器按它的工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器两大类：电磁式电器由感受部分（即电磁机构）和执行部分（即触点系统）组成。它由电磁机构控制电器动作，即由感受部分接受外界输入信号，使执行部分动作，实现控制目的；非电量控制电器由非电磁力控制电器触点的动作。

## 1.1.2 低压电器的型号表示法

国产常用低压电器的型号组成形式如下：



低压电器型号各部分必须使用规定的符号或数字表示，其含义如下。

**类组代号：**包括类别代号和组别代号，用汉语拼音字母表示，代表低压电器元件所属的类别以及在同一类电器中所属的组别。

**设计代号：**用数字表示，代表同类低压电器元件的不同设计序列。

**基本规格代号：**用数字表示，代表同一系列产品中不同的规格品种。

**辅助规格代号：**用数字表示，代表同一系列、同一规格产品中的有某种区别的不同产品。

低压电器型号中的类组代号与设计代号的组合代表产品的系列，一般称为电器的系列号。同一系列的电器元件的用途、工作原理和结构基本相同，而规格、容量则根据需要可以有多种。例如：JR16 是热继电器的系列号，同属这一系列的热继电器的结构、工作原理都相同，但其热元件的额定电流从几安培到几百安培，有十几种规格。其中辅助规格代号为 3D 的热继电器，表示有三相热元件，装有差动式断相保护装置，因此能对三相异步电动机有过载和断相保护功能。低压电器类组代号及派生代号的含义见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1

低压电器产品型号类组代号

代号	H	R	D	K	C	Q	J	L	Z	B	T	M	A
	名称												
	刀开关和 转换开关	熔断器	自动 开关	控制器	接触器	启动器	控制继 电器	主令 电器	电阻器	变阻器	电压调 整器	电磁铁	其他
A						按钮式		按钮					



续表

代号	H	R	D	K	C	Q	J	L	Z	B	T	M	A
B									板式 元件				触电保 护器
C		插入式				电磁			线状 元件	悬臂式			插销
D	刀开关								铁铬铝带 型元件		电压		灯具
E												阀用	
G				鼓形	高压				管型 元件				接线盒
H	封闭式负 荷开关	汇流 排式											
J					交流	减压		接近 开关					
K	开启式负 荷开关							主令 控制 器					
L		螺旋式						电流		励磁			电铃
M		封闭式	灭弧										
P				平面	中频					频繁			
Q										启动		牵引	
R	熔断器式 刀开关						热						
S	转换 开关	快速	快速		时间	手动	时间	主令 开关	烧结 元件	石墨			
T	启动	有填充 料管式		凸轮	通用		通用	脚踏 开关	铸铁 元件	启动 调速			
U						油浸		旋钮		油浸 启动	启动		
W			框架 式				湿度	万能 转换 开关		液体 启动		启动	
X	启动	限流	限流			星三角		行程 开关	电阻器	滑线式			
Y	其他	其他	其他	其他	启动	其他	其他	启动	其他	其他		液压	
Z	组合开关		塑料 外壳 式		直流	综合	中间					制动	



表 1-2

低压电器产品型号派生代号

派生字母	含 义	派生字母	含 义
A,B,C,D,...	结构设计稍有改进或变化	H	开启式
C	插入式	M	密封式, 无磁, 母线式
J	交流, 放溅式	Q	防尘式, 手车式
Z	直流, 自动复位, 防震, 重任务, 正向	L	电流的
W	无灭弧装置, 无极性	F	高返回, 带分励脱扣
N	可逆, 逆向	T	按(湿热带)临时措施制造(此项派生字母加注在全型号之后)
S	有锁住机构, 手动复位, 防水式, 三相, 3个电源, 双线圈	TH	湿热带型(此项派生字母加注在全型号之后)
P	电磁复位, 防滴式, 单相, 两个电源	TA	干热带型
K	保护式, 带缓冲装置		

### 1.1.3 低压电器的主要技术数据

为保证电器设备安全可靠工作, 国家对低压电器的设计、制造制定了严格的标准, 合格的电器产品必须具有国家标准规定的技术要求。我们在使用电器元件时, 必须按照产品说明书中规定的技术条件选用, 低压电器的技术指标主要有以下几项。

#### 1. 额定电流

- ① 额定工作电流: 在规定条件下, 保证开关电器正常工作的电流值。
- ② 额定发热电流: 在规定条件下, 电器处于非封闭状态, 开关电器在 8 h (小时) 工作制下, 各部件温升不超过极限值时所能承载的最大电流值。
- ③ 额定封闭发热电流: 在规定条件下, 电器处于封闭状态, 在所规定的最小外壳内, 开关电器在 8 h 工作制下, 各部件的温升不超过极限值时所能承载的最大电流值。
- ④ 额定持续电流: 在规定的条件下, 开关电器在长期工作制下, 各部件的温升不超过规定极限值时所能承载的最大电流值。

#### 2. 额定电压

- ① 额定工作电压: 在规定条件下, 保证电器正常工作的电压值。
- ② 额定绝缘电压: 在规定条件下, 用来度量电器及其部件的绝缘强度、电气间隙和漏电距离的标称电压值。除非另有规定, 一般为电器最大额定工作电压。
- ③ 额定脉冲耐受电压: 反映电器在其所在系统发生最大过电压时所能耐受的能力。额定绝缘电压和额定脉冲耐受电压共同决定绝缘水平。



### 3. 绝缘强度

指电器元件的触头处于分断状态时，动静触头之间耐受的电压值（无击穿或闪络现象）。

### 4. 耐潮湿性能

指保证电器可靠工作的允许环境潮湿条件。

### 5. 极限允许温升

电器的导电部件通过电流时将引起发热和温升。极限允许温升指为防止过度氧化和烧熔而规定的最高温升值（温升值 = 测得实际温度 - 环境温度）。

### 6. 操作频率及通电持续率

开关电器每小时内可能实现的最高操作循环次数称为操作频率。通电持续率是电器工作于断续周期工作制时负载时间与工作周期之比，通常以百分数表示。

### 7. 机械寿命和电气寿命

机械开关电器在需要修理或更换机械零件前所能承受的无载操作次数，称为机械寿命。在正常工作条件下，机械开关电器无需修理或更换零件的负载操作次数称为电气寿命。

对于有触点的电器，其触头在工作中除机械磨损外，尚有比机械磨损更为严重的电磨损。因而，电器的电气寿命一般小于其机械寿命。设计电器时，要求其电气寿命为机械寿命的20%~50%。

## 1.1.4 选择低压电器的注意事项

低压电器品种规格较多，在选择时首先考虑安全原则，安全可靠是对任何电器的基本要求，保证电路和用电设备的可靠运行是正常生活与生产的前提。其次是经济性，即电器本身的经济价值和使用该电器产生的价值。另外，在选择低压电器时还应注意以下几点。

- ① 明确控制对象及其工作环境。
- ② 明确控制对象的额定电压、额定功率、操作特性、启动电流及工作方式等相关的技术数据。
- ③ 了解备选电器的正常工作条件，如环境温度、湿度、海拔高度、振动和防御有害气体等方面的能力。
- ④ 了解备选电器的主要技术性能，如额定电流、额定电压、通断能力和使用寿命等。

## 1.2 电磁机构及触头系统

低压电器一般都有两个基本部分，即感受部分和执行部分。感受部分感受外界信号，并做出反应。自控电器的感受部分大多由电磁机构组成；手动电器的感受部分通常为电器的操作手柄。执行部分根据控制指令，执行接通或断开电路的任务。下面简单介绍电磁式低压电器的电磁机构和触头系统。





## 1.2.1 电磁机构

电磁机构一般由线圈、铁芯及衔铁等几部分组成。按通过线圈的电流种类分有交流电磁机构和直流电磁机构；按电磁机构的形状分有 E 形和 U 形两种；按衔铁的运动形式分有拍合式和直动式两大类，如图 1-1 所示。图 1-1 (a) 为衔铁沿棱角转动的拍合式铁芯，铁芯材料为电工软铁，主要用于直流电器中。图 1-1 (b) 为衔铁沿轴转动的拍合式铁芯，主要用于触头容量大的交流电器中。图 1-1 (c) 为衔铁直线运动的双 E 形直动式铁芯，多用于中、小容量的交流电器中。

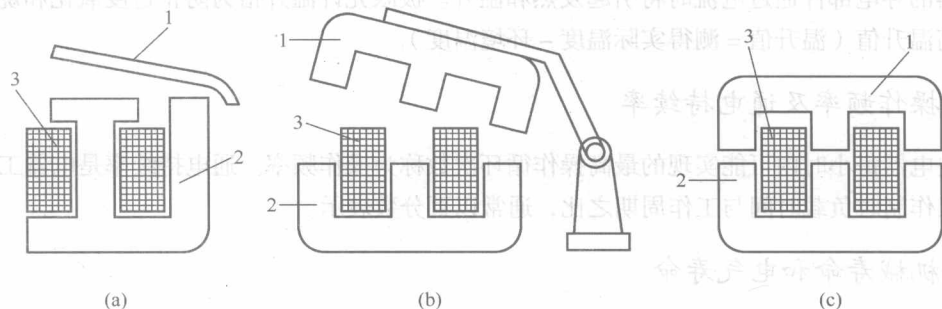


图 1-1 常用的电磁机构

1—衔铁； 2—铁芯； 3—线圈

### 1. 铁芯

交流电磁机构和直流电磁机构的铁芯（衔铁）有所不同，直流电磁机构的铁芯为整体结构，以增加磁导率和增强散热；交流电磁机构的铁芯采用硅钢片叠制而成，目的是减少铁芯中产生的涡流（涡流使铁芯发热）。此外交流电磁机构的铁芯有短路环，以防止电流过零时电磁吸力不足使衔铁振动。

### 2. 线圈

线圈是电磁机构的“心脏”，按接入线圈电源种类的不同，可分为直流线圈和交流线圈。根据励磁的需要，线圈可分串联和并联两种，前者称为电流线圈，后者称为电压线圈。从结构上看，线圈可分为有骨架和无骨架两种。交流电磁机构多为有骨架结构，主要用来散发铁芯中的磁滞和涡流损耗产生的热量，直流电磁机构的线圈多为无骨架的。

① 电流线圈：通常串接在主电路中，如图 1-2 所示。电流线圈常采用扁铜条带或粗铜线绕制，匝数少，电阻小。衔铁动作与否取决于线圈中电流的大小，衔铁动作不改变线圈中的电流大小。

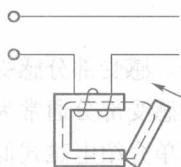


图 1-2 电流线圈

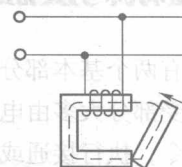


图 1-3 电压线圈