

机 电 一 体 化 技 术 丛 书

PLC 机电控制 系统应用设计技术

● 鲁远栋 主编
● 冼进 审

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

机电一体化技术丛书

PLC机电控制系统 应用设计技术

鲁远栋 主编
冼进 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从实际工程和教学需要出发,主要以德国西门子公司的 S7—200 PLC 为背景,介绍和讲解了继电器接触式控制系统和可编程控制器控制系统的工作原理、设计方法和实际应用。与其他同类教材相比,本书有自己的独特特点:首先,基础知识讲解透彻,介绍了可编程控制器的基础知识、系统配置、指令系统等;其次,以机电控制为主线,给出了大量实例,对于学习可编程控制器的具体应用有很大帮助;同时为教学需要,还精心组织 6 项具有代表性的实验指导书,便于老师教学与学生实践。

本书可作为各类高等学校工业自动化、电气工程及自动化、计算机应用、机电一体化等有关专业的教材,也可供有关工程技术人员使用参考,同时也适合广大从事电气控制技术专业相关技术人员自学参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 机电控制系统应用设计技术 / 鲁远栋主编. —北京:电子工业出版社, 2006.4

(机电一体化技术丛书)

ISBN 7-121-02440-3

I. P… II. 鲁… III. ①可编程序控制器—程序设计 ②机电系统:自动控制系统—系统设计 IV. ①TP332.3
②TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 027524 号

责任编辑:刘志红 社外编辑:陈虹

印 刷:北京市李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:20.75 字数:532 千字

印 次:2006 年 4 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:32.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

随着科学技术的发展,电气控制技术在各领域,特别在机电控制领域取得了长足的发展,也得到了越来越多的应用。可编程控制器(PLC)的应用使电气控制技术发生了根本的变化。PLC是以微处理器为基础,综合了计算机技术、半导体技术、自动控制技术、数字技术和网络通信技术发展起来的一种通用工业自动控制装置。PLC以其可靠性高、灵活性强、使用方便的优势,迅速占领了工业控制领域。从运动控制到过程控制,从单机自动化到生产线自动化乃至生产自动化,从工业机器人、数控设备到柔性制造系统(FMS),PLC均充当着重要角色,并展现了强劲的姿态。PLC作为先进的、应用势头最强的工业控制器风靡全球,与CAD/CAM和工业机器人一起成为现代工业控制的三大支柱。PLC控制技术已经形成了完整的工业控制器产品系列,其功能从初期的主要替代继电器—接触器的简单功能,发展到接近目前通用计算机所具有的强大软硬件功能。在编写本书的过程中,编者力求做到语言畅通、叙述清楚、讲解细致,还给出了大量的实例,所有的内容都为了便于实际应用和教学,并尽可能融入自己的经验和成果。本书在讲解PLC时,以现在最流行的、有较高性价比的西子子公司S7—200系列小型PLC为对象,使读者能够接触到最新的PLC产品。

主要内容

全书共12章,规纳为3篇:基础篇、提高篇和应用篇。由低到高、由理论结合实际,逐渐深入地介绍了PLC的基本原理、组成、系统配置、设计方法和实际应用等内容。本书在第1章简要介绍了常用控制电器的原理、用途和使用方法。第2章讲解了基本的电气控制电路、控制原理等电气控制基础知识,使读者对传统的电气控制技术有粗略的了解,为进一步学习PLC奠定必要的基础。第3章介绍了可编程控制器的基本概念和概况。第4~5章具体结合S7—200系列PLC,介绍了PLC的基本组成、工作原理、系统配置、指令系统等方面的情况。第6章是对S7—200PLC编程软件的使用简介。第7章介绍S7—200的功能指令,并给出了许多例子。第8章详细介绍了PLC的网络通信原理、通信功能和通信指令的使用。第9~12章介绍PLC设计步骤、方法和大量具体的应用实例。本书的附录还提供了实验指导书和S7—200PLC的参考资料。

适应对象

本书可作为高等学校工业自动化、电气工程及自动化、计算机应用、机电一体化等专业的教材,也可供有关工程技术人员使用参考,同时也是广大从事电气控制技术专业有关

业务的电工和技术人员很好的自学教材。

编写分工

本书由鲁远栋担任主编，其中鲁远栋编写第3章、第4章、第6章、第7章和第8章，齐宁宁编写第1章和第2章，党战国编写第9章、第10章、第11章和第12章，尹仁发编写第5章，闫守红编写第3章的部分内容。同时参与本书编写的人员还有：邹素琼、郝文化、赵秋云、赵继军、彭艺、曲辉辉、周章、蒋波、徐留旺、曹振宇、张婷、温凌霜、鲁得翠、蒋泽平、魏乐、韩翔、程小英、谭小丽、卢丽娟、李小琼、周宏、罗吉、许翔燕、陈春、张忠、方小马、黄姹英、周明、宋晶、邓勇等，在此向他们表示衷心的感谢。

另外，许多好朋友给了我极大的支持和鼓励，他们是向婵、何邕、段春辉等，在此表示衷心感谢。

特别感谢深圳固高科技有限公司和自贡长征机床有限公司的热心帮助，他们为本书的编写提供了大量的资料，在此一并表示衷心感谢。

配套服务

为帮助本书读者深刻理解本书的编写意图与内涵，提高本书的阅读效率，我们建立了本书使用指导联络方式，欢迎读者将图书使用过程中的问题与建议反馈给我们，我们会竭诚为您服务。我们的 E-mail: bojia@bojia.net。同时，为方便老师教学和同学学习，本书为选择本书作为教材的授课教师配备了电子教案，具体可从电子工业出版社华信教育资源网上下载。

作 者
2006 年 3 月

目 录

第一篇 基 础 篇

第 1 章 常用低压电器	(2)
1.1 概述	(2)
1.1.1 常用低压电器的分类	(2)
1.1.2 常用低压电器	(3)
1.1.3 常用低压电器的发展	(3)
1.2 低压电器的电磁执行机构	(4)
1.2.1 电磁机构	(5)
1.2.2 触头系统	(5)
1.2.3 灭弧系统	(6)
1.3 接触器	(8)
1.3.1 接触器的结构及工作原理	(8)
1.3.2 接触器的主要技术参数	(9)
1.3.3 常用接触器的主要技术数据	(10)
1.3.4 接触器选用原则	(12)
1.4 继电器	(13)
1.4.1 电磁式继电器	(13)
1.4.2 时间继电器	(14)
1.4.3 热继电器	(18)
1.4.4 速度继电器	(21)
1.5 熔断器	(22)
1.5.1 熔断器的结构和分类	(23)
1.5.2 熔断器的主要参数	(24)
1.5.3 熔断器的类型选择	(24)
1.5.4 快速熔断器	(25)
1.6 低压断路器	(26)
1.6.1 低压断路器的结构及工作原理	(26)
1.6.2 低压断路器的常用类别	(27)
1.6.3 低压断路器的主要参数和技术数据	(28)
1.6.4 低压断路器的选择及使用注意事项	(29)
1.7 低压隔离器	(30)
1.7.1 低压刀开关	(30)

1.7.2	熔断器式刀开关	(32)
1.7.3	组合开关	(32)
1.8	主令电器	(34)
1.8.1	控制按钮	(34)
1.8.2	行程开关	(35)
1.8.3	万能转换开关	(38)
1.8.4	主令控制器	(39)
第2章	继电器—接触器控制系统的基本控制电路	(41)
2.1	电气控制线路的图形、文字符号及绘图原则	(41)
2.1.1	常用的电器图形符号和文字符号	(41)
2.1.2	电气控制线路原理图的绘图规则	(41)
2.2	直流电动机的基本控制电路	(43)
2.2.1	直流电动机的励磁方式	(43)
2.2.2	直流电动机的启动控制	(44)
2.2.3	直流电动机的调速控制	(46)
2.2.4	直流电动机的制动控制	(46)
2.3	三相异步电动机的基本控制电路	(49)
2.3.1	三相异步电动机的启动控制线路	(49)
2.3.2	三相异步电动机的正反转控制线路	(55)
2.3.3	三相异步电动机的制动控制线路	(56)
2.3.4	三相异步电动机的顺序控制线路	(61)
第3章	可编程控制器基础知识	(63)
3.1	可编程控制器的概述	(63)
3.1.1	PLC 的定义	(63)
3.1.2	PLC 的产生	(64)
3.1.3	PLC 的发展阶段	(64)
3.1.4	PLC 的特点和应用	(65)
3.1.5	PLC 的分类	(68)
3.2	PLC 的基本组成	(69)
3.2.1	PLC 的硬件组成	(70)
3.2.2	PLC 的软件组成	(74)
3.3	PLC 控制系统与电气控制系统的比较	(76)
3.4	PLC 的工作原理	(77)
3.4.1	扫描工作原理	(77)
3.4.2	PLC 扫描工作过程	(77)
3.4.3	PLC 执行程序的过程及特点	(78)
3.5	PLC 的性能指标与发展趋势	(80)

3.5.1	PLC 的性能指标	(80)
3.5.2	PLC 的发展趋势	(81)
3.6	国内外 PLC 产品介绍	(82)
第 4 章	S7—200 系列 PLC 的系统配置	(86)
4.1	S7—200 系统的基本组成	(86)
4.1.1	基本单元	(86)
4.1.2	个人计算机或编程器	(88)
4.1.3	STEP7-Micro/WIN32 编程软件	(89)
4.1.4	通信电缆	(89)
4.1.5	人机界面	(89)
4.1.6	扩展模块以及功能模块	(89)
4.2	S7—200 系列 PLC 的主要技术性能	(91)
4.2.1	一般性能	(91)
4.2.2	输入特性	(92)
4.2.3	输出特性	(92)
4.2.4	扩展单元的主要技术特性	(93)
4.3	S7—200 系列 PLC 的存储器区域	(94)
4.3.1	数据区空间存储器的地址表示格式	(94)
4.3.2	数据区空间存储器区域	(96)
4.4	S7—200 系列 PLC 的寻址方式	(99)
4.4.1	立即寻址	(99)
4.4.2	直接寻址	(100)
4.4.3	间接寻址	(101)
第 5 章	S7—200 系列 PLC 的基本指令	(103)
5.1	S7—200 编程的基本概念	(103)
5.1.1	编程语言	(103)
5.1.2	数据类型	(104)
5.1.3	用户程序的结构	(105)
5.1.4	编程的一般约定	(106)
5.2	基本逻辑指令	(107)
5.2.1	位逻辑指令	(107)
5.2.2	定时器和计数器指令	(112)
5.2.3	逻辑堆栈指令	(115)
5.2.4	比较操作指令	(116)
5.3	程序控制指令	(117)
5.3.1	空操作指令	(117)
5.3.2	结束及暂停指令	(117)

5.3.3	警戒时钟刷新指令	(117)
5.3.4	跳转指令及标号指令	(118)
5.3.5	子程序指令	(118)
5.3.6	循环指令	(119)
5.3.7	顺序控制继电器指令	(119)
5.4	PLC 初步编程指导	(120)
5.4.1	软件设计概述	(120)
5.4.2	梯形图和语句表编程简介	(122)
5.5	简单程序编制	(124)
5.5.1	闪烁电路	(124)
5.5.2	报警电路	(125)
5.5.3	启动保持和停止电路	(126)
5.5.4	延时通断电路	(126)
5.5.5	脉冲宽度可控制电路	(127)
5.5.6	长定时电路	(127)

第二篇 提 高 篇

第 6 章	PLC 编程软件的使用	(130)
6.1	软件系统概述	(130)
6.1.1	安装系统要求	(130)
6.1.2	软件的安装	(130)
6.1.3	硬件连接	(131)
6.1.4	参数设置	(131)
6.1.5	在线联系	(132)
6.1.6	建立、修改 PLC 通信参数	(132)
6.2	STEP7 的软件功能	(132)
6.2.1	基本功能	(132)
6.2.2	界面	(133)
6.2.3	各部分功能	(134)
6.2.4	系统组态	(136)
6.3	编程	(136)
6.3.1	程序文件操作	(136)
6.3.2	编辑程序	(137)
6.4	调试及运行监控	(141)
6.4.1	选择扫描次数	(141)
6.4.2	状态图表监控	(141)
6.4.3	运行模式下的编辑	(142)
6.4.4	程序监视	(143)

第 7 章 S7—200 系列 PLC 的功能指令	(145)
7.1 运算和算术指令	(145)
7.1.1 加法指令	(145)
7.1.2 减法指令	(146)
7.1.3 乘法指令	(146)
7.1.4 除法指令	(147)
7.1.5 自增/自减指令	(148)
7.1.6 数学函数指令	(149)
7.1.7 逻辑运算指令	(150)
7.2 传送、移位和填充指令	(151)
7.2.1 传送指令	(151)
7.2.2 移位和循环移位指令	(154)
7.3 表功能指令	(156)
7.3.1 填表、查表指令	(156)
7.3.2 表取数指令	(157)
7.3.3 存储器填充指令	(158)
7.4 转换指令	(159)
7.4.1 数据转换指令	(159)
7.4.2 编码和译码指令	(160)
7.4.3 段码指令 (SEG)	(161)
7.4.4 ASCII 码转换指令	(161)
7.5 中断	(164)
7.5.1 中断的分类及中断优先级	(164)
7.5.2 中断指令	(166)
7.5.3 中断程序	(167)
7.6 PID 回路指令	(168)
7.6.1 PID 算法	(168)
7.6.2 PID 回路指令	(169)
7.6.3 控制方式	(169)
7.6.4 选择回路的控制类型	(170)
7.6.5 关于回路控制参数	(170)
7.6.6 其他	(172)
7.6.7 PID 指令编程举例	(172)
7.7 时钟指令	(175)
7.8 高速处理类指令	(176)
7.8.1 高速计数器指令	(176)
7.8.2 高速脉冲输出指令 PLS	(181)

第 8 章 S7—200 的通信和网络	(186)
8.1 通信网络的基础知识	(186)
8.1.1 数据通信方式	(186)
8.1.2 网络概述	(190)
8.2 S7—200 PLC 的通信与网络	(191)
8.2.1 网络主站与从站	(191)
8.2.2 S7-200 PLC 网络的通信协议	(191)
8.2.3 网络部件	(194)
8.2.4 网络参数的设置	(196)
8.3 S7—200 PLC 的通信指令	(199)
8.3.1 网络读/网络写指令	(199)
8.3.2 发送和接收指令	(200)
8.3.3 USS 通信指令	(204)

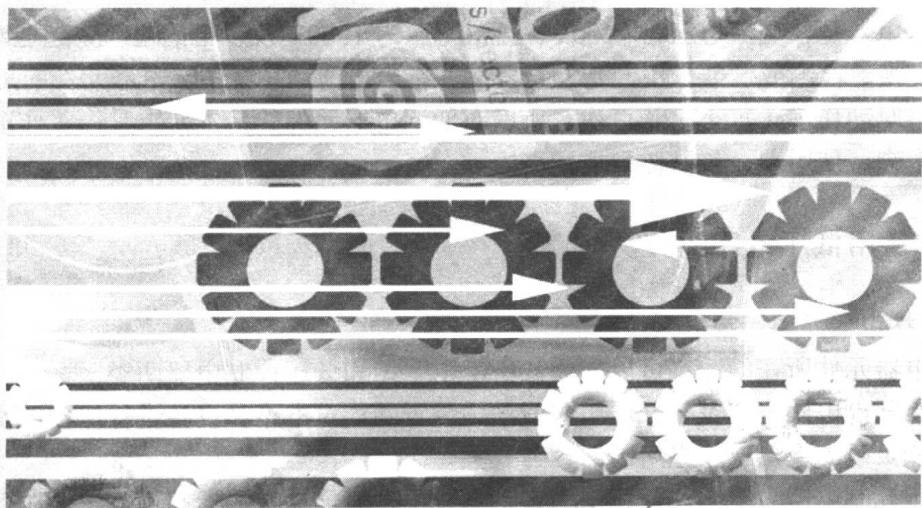
第三篇 应 用 篇

第 9 章 PLC 的应用设计、使用与维护	(208)
9.1 PLC 机电控制系统的总体设计	(208)
9.1.1 建立系统设计方案	(208)
9.1.2 确定控制方案	(210)
9.1.3 控制系统的结构和控制方式	(211)
9.2 PLC 机电控制系统设计的基本内容和步骤	(212)
9.2.1 PLC 的硬件设计	(213)
9.2.2 PLC 的软件设计	(216)
9.2.3 程序测试和修改	(217)
9.3 PLC 的接口电路	(218)
9.3.1 PLC 的输入接口电路	(218)
9.3.2 PLC 的输出接口电路	(220)
9.3.3 PLC 电源电路	(221)
9.4 提高 PLC 控制系统可靠性的措施	(222)
9.4.1 PLC 的安装	(222)
9.4.2 对电源的处理	(223)
9.4.3 对感性负载的处理	(224)
9.4.4 PLC 安装和布线的注意事项	(225)
9.4.5 PLC 的接地	(225)
9.4.6 PLC 与计算机的连接	(226)
9.4.7 冗余系统和热备份系统	(227)
9.4.8 PLC 控制系统的必要保护措施	(228)

第 10 章 PLC 梯形图程序设计方法及应用实例	(229)
10.1 PLC 梯形图的经验设计法及应用	(229)
10.1.1 启动—保持—停止电路	(229)
10.1.2 运货小车的自动控制	(230)
10.1.3 交通指挥信号灯的控制	(232)
10.2 梯形图的逻辑设计法及应用	(234)
10.3 PLC 梯形图的“翻译”设计法及应用	(240)
10.4 PLC 梯形图的顺序控制设计法及应用	(242)
10.4.1 状态转移图	(242)
10.4.2 状态转移流程图的主要组成及其形式	(243)
10.4.3 顺序功能图设计举例	(246)
第 11 章 数控机床中的 PLC 控制系统	(249)
11.1 常用三相异步电动机的基本控制环节及控制实现	(249)
11.1.1 启动、停车和点动	(249)
11.1.2 电动机的正转、反转和停止控制	(250)
11.1.3 电动机正/反转连锁控制	(250)
11.2 PLC 在步进电机控制中的实现	(251)
11.3 可编程控制器在常用机床中的应用实例	(254)
11.3.1 全自动导轨除锈磨光机	(254)
11.3.2 卧式镗铣组合机床	(258)
11.3.3 半自动液压机床	(261)
11.3.4 PLC 在单轴数控中的应用	(265)
11.3.5 PLC 的车床电气控制系统设计	(268)
第 12 章 其他机电系统中的 PLC 控制应用设计	(273)
12.1 PLC 在工业机械手控制中的应用	(273)
12.2 PLC 在全自动洗衣机控制系统中的应用	(277)
12.3 PLC 在电梯控制系统中的应用	(281)
12.4 PLC 在自动数粒机中的应用	(285)
12.5 PLC 在 PID 控制系统中的应用	(287)
附录 A 常用电气符号	(293)
附录 B S7—200 可编程控制器指令集	(299)
附录 C 错误代码	(304)
附录 D 特殊存储器 SM0 和 SM1 的位信息	(306)
附录 E 实验指导书	(307)
参考文献	(317)

第一篇

基础篇



第1章 常用低压电器

第2章 继电器—接触器控制系统的基本控制电路

第3章 可编程控制器基础知识

第4章 S7—200 系列 PLC 的系统配置

第5章 S7—200 系列 PLC 的基本指令

第 1 章 常用低压电器

可编程控制器（PLC）是一种在继电器—接触器控制的基础上，将微型计算机技术、控制技术及通信技术融为一体，而产生的新型工业控制装置。因此要学好 PLC 的应用必须了解继电器—接触器控制的基本原理。本章重点介绍继电器—接触器控制系统中常用的低压电器。这些常用低压电器是组成控制电路的重要元件，PLC 属于低压电器的一种。

1.1 概述

低压电器是在交流电压为 1200V、直流电压为 1500V 及以下的电路中起通断、保护、控制、变换、检测或调节作用的基本元器件。在电力拖动系统中，电器元件的工作次数很频繁，有时动作多达每小时几百次，所以对低压电器元件的基本要求是：工作准确可靠，操作频率高，使用寿命长，体积质量小等。

1.1.1 常用低压电器的分类

1. 按电器元件所在的系统分类

按电器元件所在的系统可以分为低压配电电器和低压控制电器两类。

低压配电电器主要是在低压电网或动力装置中，对电路和设备进行保护以及通断、转换电源或负载的电器，例如熔断器、刀开关等。

低压控制电器主要用于低压电力拖动系统中，对电动机的运行进行控制、调节、检测与保护的电器，例如接触器、主令按钮等。

2. 按电器动作的原理分类

按电器动作的原理可以分为手动电器和自动电器。

手动电器由人为操作发出动作指令，例如刀开关、按钮等。

自动电器由电磁吸力使电器自动完成动作指令，例如接触器、继电器、电磁阀等。

3. 按电器在系统中的作用分类

按电器在系统中所起的作用可以分为控制电器、检测电器、运算电器、保护电器和执行电器。

控制电器是用于各种控制电路和控制系统中的电器，例如接触器、继电器等。

检测电器是用于系统中反馈各种信号以及发出各种信号的电器，例如电磁感应器、行程开关等。

运算电器是用于把各种信号根据需要进行转换的电器，例如中间继电器等。

保护电器是用于对电路、系统、设备及人身安全起保护作用的电器，例如漏电器、熔断器、热继电器等。

执行电器是用于执行整个电路或系统的要求动作的电器，例如电磁阀、电磁离合器等。

1.1.2 常用低压电器

本章将主要介绍以下常用低压电器的结构、原理、主要性能和参数、选用原则及市场上的常用型号。

接触器：交流接触器、直流接触器。

继电器：电磁式继电器、时间继电器、热继电器、速度继电器。

熔断器：插入式熔断器、螺旋式熔断器、有填料密封式熔断器、无填料密封式熔断器、快速熔断器、自复式熔断器。

断路器：万能式断路器、装置式断路器、快速式断路器、限流式断路器。

隔离器：低压刀开关、熔断器式刀开关、组合开关。

主令电器：控制按钮、行程开关、接近开关、转换开关、主令控制器。

1.1.3 常用低压电器的发展

1. 常用低压电器的发展概况

我国的低压电器工业从 1953 年起步至今，经过了 50 多年的发展，经历了全面仿苏、自行设计、更新换代、技术引进、跟踪国外新产品等几个阶段，形成了比较完善的体系，在品种、规格、性能、产量上基本能够满足我国国民经济的发展需要。在发展过程中主要经历了三代产品。

第一代产品是从 20 世纪 60 年代到 70 年代初期。我国自行开发、研制、设计了统一产品，以 CJ10、DZ10、DW10 为代表，约 29 个系列。这代产品目前已经被淘汰，但作为新中国第一批工业产品，在我国低压配电系统和发展过程中起了重要的作用，也是我国工业建设全面开始的一个标志，是我国经济建设的一个崭新起点。

第二代产品是从 20 世纪 70 年代后期到 80 年代。我国的低压电器完成了更新换代和引用国外技术相结合的设计过程。在此期间的主要产品有 CJ20、DZ20、DW15 等为代表的 56 个系列。引进国外技术的产品主要有：德国 AEC 公司的 ME 系列，国内型号为 DW17 系列；德国西门子公司的 3WE 系列和 3TB 系列，国内型号为 CJX3XIELIE；德国 ABB 公司的 B 系列；法国 TE 公司的 LC1—D 系列，国内型号为 CJX4 系列等。一共引进了 34 个系列。目前这批产品的市场占有率约为 50%，并随着新产品的出现不断呈现下降趋势。这一时期我们的工业产品充分体现出改革开放后的引进国外先进技术思想。在自主开发的同时大量引进了国外的先进设计制造技术，全面快速地提升了我国低压电器的产品技术。

第三代产品是从 20 世纪 90 年代至今。这个阶段的主要思想是跟踪国外新技术、新产品并自行开发设计研制产品。自行设计的产品主要是以 DW40、DW45、DZ40、DJ40、S 系列等为代表的 10 多个系列。引进的国外产品主要有法国施耐德公司的 M 系列，德国 F

—G 公司的 F 系列，德国西门子公司的 3TE 系列等。

如今我国低压电器制造业有了飞速发展，新产品已经发展到 12 大类，380 个系列，1200 多个品种，几万种规格，特别是随着先进技术的引进、先进设计思想的出现和先进手段的使用，新产品的问世速度越来越快，经过几代人的努力，很多引进的技术也实现了国产化，今后我国的低压电器制造将会有更好的发展。

2. 常用低压电器的发展前景

计算机技术的发展和先进制造技术的引入对低压电器产品的设计、制造和开发等方面都产生了相应的影响。

1) 产品设计方面：现代计算机三维辅助设计技术的应用为产品设计提供了方便快捷的平台，从原始的手工平面制图到计算机立体图形的生成，产品设计方式发生了质的变化。制造软件系统的引入、电气开关特性的计算机模拟与仿真的应用和现代化的样机测试手段都使产品的生命过程从研发到成品完全通过计算机进行模拟，大大地缩短了产品设计、研发的周期。

2) 产品性能测试方面：低压电器专用计算机软件的广泛应用，使产品的性能在样品出现之前就得到测试。例如：应用 ANSYS 有限元分析软件可以进行触头灭弧系统和脱扣器的磁场分析及电器机壳的强度分析；应用 ADAMS 软件可进行操纵机构的动态特性分析等。

3) 产品的可靠性方面：随着低压电器系统的复杂化和大型化，系统元件越来越复杂，集成化程度越来越高，低压电器的可靠性显得越来越重要。可靠性的研究主要在以下几个方面：可靠性物理研究，即产品失效机理研究；可靠性指标与考核方法研究；可靠性实验装置研究；提高可靠性研究。

4) 产品新技术应用方面：技术的不断发展要求低压开关电器的高性能和小型化，因此传统的灭弧技术已经不能满足要求。目前国内外都致力于研究新的灭弧系统和限流技术，实现开关电器的“无飞弧”。

5) 产品网络化方面：随着计算机网络技术的发展应用，可通信的低压电器也应运而生。低压电器与上位机或中央控制计算机进行通信，为了实现双向通信，低压电器必须面向电子化、集成化、智能化及机电一体化方向发展。PLC 可以说是这个方向的典型产品。目前低压电器通信采用的方案主要有：带通信接口电路；传统电器上派生或增加联网接口和通信接口；直接带计算机接口和通信接口功能的电器。

综上所述，传统低压电器的发展是朝着高性能、高可靠性、小型化、模块化、模数化、组合化、零部件通用化、网络化的方向不断前进的。

1.2 低压电器的电磁执行机构

电磁执行机构在常用低压电器中的应用极为普遍，很多自动控制的电器中都应用了电磁执行机构，例如接触器、电磁继电器、电磁离合器、电磁阀等。了解了电磁执行机构的原理就能很快掌握电磁式电器的工作原理，或者说电磁执行机构是电磁式电器的基础。电

磁执行机构主要由电磁机构、触头系统和灭弧系统三部分组成,并根据电磁感应原理工作。

1.2.1 电磁机构

1. 电磁机构的工作原理

电磁机构由铁心(衔铁)、静铁心和电磁线圈三部分组成,其作用是将电磁能转换成机械能,产生电磁吸力带动触头动作。其工作原理如图 1-1 所示,衔铁和动触点相连,当电磁线圈通电时产生磁场,使衔铁和静铁心磁化,并且相互吸引。衔铁带动动触点动作,使触点闭合接通电路。电磁线圈断电后,磁场消失,磁力也随之消失,这时在复位弹簧的作用下,衔铁复位,带动动触点与静触点分开,电路断开。

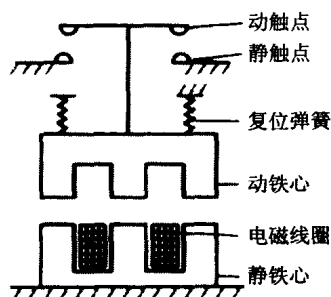


图 1-1 电磁机构示意图

2. 电磁机构的分类

电磁机构按照衔铁运动方式可以分为:衔铁绕棱角转动拍合式,如图 1-2 (a) 所示;衔铁绕轴转动拍合式,如图 1-2 (b) 所示;衔铁直线运动螺管式,如图 1-2 (c) 所示。

电磁机构按照电磁线圈所通电流的种类可以分为直流线圈和交流线圈两种。

电磁机构按照电磁铁心形状可以分为 U 型(图 1-2 (a) 和图 1-2 (b)) 和 E 型(图 1-2 (c))。

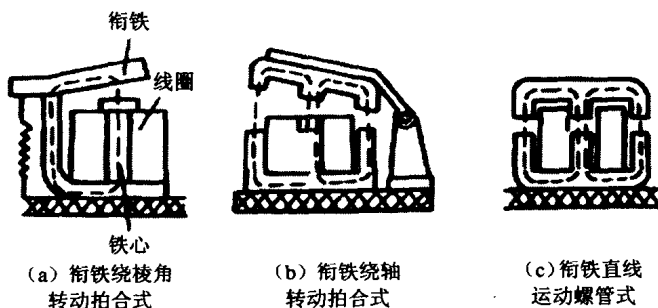


图 1-2 电磁机构按衔铁运动方式分类

1.2.2 触头系统

触头系统是执行部件,用来实现电路的接通或断开,有闭合状态、分断过程、断开状