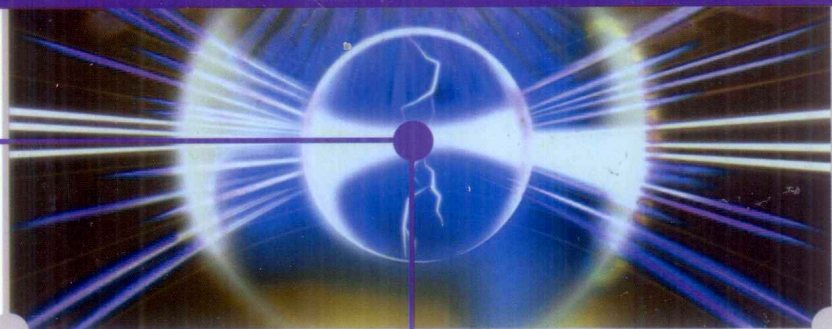




普通高等教育“十二五”创新型规划教材

# 电气控制与PLC

DIANQI KONGZHI YU PLC



刘 涛 江 力 主编

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

# 电气控制与 PLC

主 编 刘 涛 江 力  
副主编 徐明利 周凤胜 许泓泉  
陈玉峰  
参 编 李自成 张仁朝 高 敏  
主 审 吴先良

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书将机床电气控制技术与 PLC 控制技术以及组态技术相互贯通,主要内容有:机床电气控制与检测装置、PLC 的工作原理;PLC 系统设计、组态应用技术(MCGS)以及维修电工技能鉴定指导等。

本书可作为高等院校电子信息类、电气自动化类、机电一体化等专业的教材,也可作为从事相关工作的工程技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC / 刘涛, 江力主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2012. 1

ISBN 978 - 7 - 5640 - 5473 - 1

I. ①电… II. ①刘… ②江… III. ①电气控制 ②可编程序控制器  
IV. ①TM921.5 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 280663 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京飞达印刷有限责任公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 20. 25

字 数 / 377 千字

责任编辑 / 胡 静

版 次 / 2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

王玲玲

印 数 / 1 ~ 1500 册

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 45. 00 元

责任印制 / 王美丽

---

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

# 前言

本书将机床电气控制技术与 PLC 控制技术以及组态技术相互贯通,主要内容有:机床电气控制与检测装置、PLC 的工作原理、PLC 系统设计、组态应用技术(MCGS)以及维修电工考证指导等。

本书的特色是将 PLC、机床电气控制线路、组态监控软件等联系在一起,结合应用实例,使读者对工业控制过程有一个较完整的概念;在内容选取以及框架体系设计上,着重使内容更加贴近实际、使教材更便于教学,方便教师与学生使用。

本书由刘涛、江力任主编,刘涛负责全书的统稿工作,并编写了第 5 章;江力设计了全书的框架体系并编写了附录;高敏与张仁朝分别编写了 1.1、1.2 节和 1.3、1.4 节,周凤胜、徐明利、许泓泉和陈玉峰任副主编并分别编写了第 6、9 章第 2、4 章、第 7 章和第 3 章;李自成编写了第 8 章。全书由吴先良主审。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

|                      |          |
|----------------------|----------|
| <b>第1章 电气控制基础</b>    | <b>1</b> |
| 1.1 常用低压控制电器         | 1        |
| 1.1.1 电器的分类          | 1        |
| 1.1.2 电器的作用          | 2        |
| 1.1.3 电磁式控制电器的基本原理   | 3        |
| 1.1.4 交流接触器          | 5        |
| 1.1.5 中间继电器          | 6        |
| 1.1.6 时间继电器          | 7        |
| 1.1.7 感应式速度继电器       | 8        |
| 1.1.8 熔断器            | 9        |
| 1.1.9 热继电器           | 10       |
| 1.1.10 自动空气开关        | 12       |
| 1.1.11 漏电继电器         | 15       |
| 1.1.12 主令电器          | 17       |
| 1.2 电气控制电路的绘图规则及常用符号 | 20       |
| 1.2.1 电气原理图的布局       | 21       |
| 1.2.2 电气原理图的线条       | 21       |
| 1.2.3 元器件符号          | 22       |
| 1.2.4 标注文字           | 22       |
| 1.3 数控机床位置检测装置       | 24       |
| 1.3.1 检测技术基础         | 24       |
| 1.3.2 光栅传感器          | 25       |
| 1.3.3 旋转编码器          | 28       |
| 1.4 基本电气控制电路         | 32       |
| 1.4.1 点动控制电路         | 33       |
| 1.4.2 长动控制电路         | 33       |
| 1.4.3 多地控制电路         | 33       |
| 1.4.4 正反转控制电路        | 34       |
| 1.4.5 顺序启动控制电路       | 36       |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1.4.6 顺序停止控制电路              | 38 |
| 1.4.7 时间控制电路                | 38 |
| 1.4.8 速度控制电路                | 39 |
| 1.4.9 行程控制                  | 39 |
| 1.4.10 电气控制电路中的保护电路         | 39 |
| 思考与练习                       | 40 |
| 第2章 电机基础                    | 42 |
| 2.1 变压器                     | 42 |
| 2.1.1 变压器的工作原理及分类           | 42 |
| 2.1.2 单相变压器的基本结构            | 43 |
| 2.1.3 单相变压器的工作原理            | 44 |
| 2.1.4 变压器主要数据               | 49 |
| 2.2 直流电动机                   | 50 |
| 2.2.1 直流电机概述                | 50 |
| 2.2.2 直流电机的基本工作原理           | 51 |
| 2.2.3 直流电机的结构               | 54 |
| 2.2.4 铭牌和额定值                | 57 |
| 2.2.5 直流电动机励磁方式             | 58 |
| 2.3 交流电动机                   | 60 |
| 2.3.1 异步电动机概述               | 60 |
| 2.3.2 三相异步电动机的结构            | 60 |
| 2.3.3 三相异步电动机的工作原理          | 63 |
| 2.4 特种电机                    | 66 |
| 2.4.1 控制电机概述                | 66 |
| 2.4.2 伺服电动机                 | 66 |
| 2.4.3 测速发电机                 | 69 |
| 2.4.4 步进电动机                 | 71 |
| 思考与练习                       | 74 |
| 第3章 机床电气控制电路分析              | 76 |
| 3.1 普通车床电气控制电路分析            | 76 |
| 3.1.1 CA6140 车床主要结构及运动形式    | 77 |
| 3.1.2 CA6140 车床电气控制线路分析     | 77 |
| 3.1.3 CA6140 车床的电器元件明细表     | 80 |
| 3.1.4 CA6140 车床常见的电气故障诊断与维修 | 81 |
| 3.2 普通铣床电气控制电路分析            | 82 |
| 3.2.1 X62W 铣床主要结构及运动形式      | 82 |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 3.2.2 X62W 铣床电气控制线路分析    | 84         |
| 3.2.3 X62W 铣床的电器元件明细表    | 89         |
| 3.2.4 X62W 铣床的故障诊断与维修    | 91         |
| 3.3 数控车床电气控制线路分析         | 92         |
| 3.3.1 数控车床的组成            | 92         |
| 3.3.2 TK1640 数控车床的电气控制电路 | 94         |
| 3.3.3 数控车加工程序的结构和常用代码    | 97         |
| 3.4 数控铣床电气控制线路分析         | 101        |
| 3.4.1 XK714A 型铣床的组成      | 102        |
| 3.4.2 XK714A 型铣床的电气控制线路  | 102        |
| 3.4.3 数控铣床程序的结构和编程       | 105        |
| 思考与练习                    | 107        |
| <b>第 4 章 PLC 基础</b>      | <b>108</b> |
| 4.1 PLC 的基本结构            | 108        |
| 4.1.1 PLC 的硬件系统          | 108        |
| 4.1.2 PLC 的软件系统          | 112        |
| 4.2 PLC 的工作原理            | 113        |
| 4.2.1 PLC 的等效电路          | 113        |
| 4.2.2 PLC 的扫描工作方式        | 114        |
| 4.2.3 PLC 的扫描工作过程        | 115        |
| 4.2.4 扫描周期与输入/输出滞后       | 117        |
| 4.3 PLC 的分类及性能指标         | 119        |
| 4.3.1 PLC 的分类            | 119        |
| 4.3.2 PLC 的主要性能指标        | 121        |
| 4.3.3 FX 系列 PLC 简介       | 122        |
| 4.3.4 FX 系列 PLC 的特点      | 123        |
| 4.3.5 FX 系列 PLC 型号名称含义   | 123        |
| 4.3.6 FX 系列 PLC 一般技术指标   | 124        |
| 4.4 PLC 的编程语言概述          | 126        |
| 4.5 FX 系列 PLC 的编程元件      | 129        |
| 4.5.1 FX 系列 PLC 的用户数据结构  | 129        |
| 4.5.2 输入继电器和输出继电器        | 130        |
| 4.5.3 辅助继电器              | 131        |
| 4.5.4 状态继电器              | 133        |
| 4.5.5 定时器                | 133        |
| 4.5.6 计数器                | 135        |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 4.5.7 数据寄存器                        | 137 |
| 4.5.8 变址寄存器                        | 138 |
| 4.5.9 指针 (P/I)                     | 138 |
| 4.5.10 常数 (K/H)                    | 139 |
| 4.6 FX 系列 PLC 的基本指令                | 140 |
| 4.6.1 LD、LDI、OUT 指令                | 140 |
| 4.6.2 AND、ANI 指令                   | 141 |
| 4.6.3 OR、ORI 指令                    | 141 |
| 4.6.4 ANB、ORB 指令                   | 142 |
| 4.6.5 栈操作指令                        | 143 |
| 4.6.6 主控与主控复位指令                    | 144 |
| 4.6.7 取反指令                         | 145 |
| 4.6.8 PLS 与 PLF 指令                 | 146 |
| 4.6.9 边沿触发器                        | 146 |
| 4.6.10 置位与复位指令                     | 147 |
| 4.6.11 NOP 与 END 指令                | 148 |
| 思考与练习                              | 149 |
| 第 5 章 功能指令及应用                      | 150 |
| 5.1 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 功能指令概述 | 150 |
| 5.1.1 功能指令的基本表示方法                  | 150 |
| 5.1.2 数据长度与指令执行形式                  | 151 |
| 5.2 程序流向控制指令                       | 152 |
| 5.2.1 条件跳转指令                       | 152 |
| 5.2.2 子程序调用与子程序返回指令                | 153 |
| 5.2.3 与中断有关的指令                     | 154 |
| 5.2.4 主程序结束指令                      | 155 |
| 5.2.5 监控定时器指令                      | 155 |
| 5.2.6 循环指令                         | 155 |
| 5.3 比较与传送指令                        | 156 |
| 5.3.1 比较指令                         | 156 |
| 5.3.2 传送指令                         | 157 |
| 5.3.3 数据变换指令                       | 160 |
| 5.4 四则运算与逻辑运算指令                    | 160 |
| 5.4.1 四则运算指令                       | 161 |
| 5.4.2 加 1 和减 1 指令                  | 162 |
| 5.4.3 字逻辑运算指令                      | 163 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 5.5 循环移位与移位指令             | 164        |
| 5.5.1 循环移位指令              | 164        |
| 5.5.2 带进位的循环移位指令          | 165        |
| 5.5.3 位右移和位左移指令           | 166        |
| 5.5.4 字右移和字左移指令           | 166        |
| 5.5.5 FIFO (先入先出) 写入与读出指令 | 167        |
| 5.6 数据处理指令                | 168        |
| 5.6.1 区间复位指令              | 168        |
| 5.6.2 解码与编码指令             | 169        |
| 5.6.3 求置 ON 位总数与 ON 位判别指令 | 170        |
| 5.6.4 平均值指令               | 171        |
| 5.6.5 报警器置位复位指令           | 171        |
| 5.6.6 其他数据处理指令            | 172        |
| 5.7 高速处理指令                | 173        |
| 5.7.1 与输入/输出有关的指令         | 173        |
| 5.7.2 高速计数器指令             | 174        |
| 5.7.3 速度检测与脉冲输出指令         | 175        |
| 5.8 方便指令                  | 177        |
| 5.8.1 状态初始化指令             | 178        |
| 5.8.2 数据搜索指令              | 179        |
| 5.8.3 凸轮顺控指令              | 179        |
| 5.8.4 定时器指令               | 180        |
| 5.8.5 其他方便指令              | 181        |
| 5.9 触点型比较指令               | 183        |
| 思考与练习                     | 184        |
| <b>第 6 章 PLC 程序设计</b>     | <b>186</b> |
| 6.1 梯形图的编程规则              | 186        |
| 6.1.1 梯形图的编程规则            | 186        |
| 6.1.2 梯形图的理解方式            | 188        |
| 6.2 常用梯形图程序               | 189        |
| 6.2.1 基本控制环节              | 189        |
| 6.2.2 定时器、计数器的应用          | 192        |
| 6.3 PLC 程序设计              | 194        |
| 6.3.1 控制系统设计的基本内容         | 194        |
| 6.3.2 控制系统设计的一般步骤         | 194        |
| 6.3.3 程序设计的步骤             | 195        |

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 6.3.4 某交通信号灯控制的程序设计 .....             | 195        |
| 6.3.5 顺序控制设计方法 .....                  | 197        |
| 6.4 继电器——接触器控制系统的 PLC 改造 .....        | 205        |
| 6.4.1 用 PLC 改造继电器——接触器控制系统的两点准备 ..... | 206        |
| 6.4.2 用 PLC 改造继电器——接触器控制系统的转换规则 ..... | 208        |
| 6.4.3 用 PLC 改造继电器——接触器控制系统的注意事项 ..... | 209        |
| 6.5 PLC 程序的调试 .....                   | 216        |
| 6.5.1 PLC 程序调试的由来 .....               | 216        |
| 6.5.2 PLC 程序的调试 .....                 | 217        |
| 思考与练习 .....                           | 217        |
| <b>第 7 章 PLC 高级应用</b> .....           | <b>219</b> |
| 7.1 PLC 应用系统设计调试方法 .....              | 219        |
| 7.1.1 系统规划 .....                      | 219        |
| 7.1.2 系统设计 .....                      | 220        |
| 7.1.3 PLC 及其组件的选型 .....               | 221        |
| 7.1.4 软、硬件的调试 .....                   | 223        |
| 7.2 降低 PLC 系统费用的方法 .....              | 225        |
| 7.2.1 减少输入点数 .....                    | 225        |
| 7.2.2 减少输出点数 .....                    | 228        |
| 7.3 提高系统的可靠性 .....                    | 230        |
| 7.3.1 运行环境的改善 .....                   | 230        |
| 7.3.2 控制系统的冗余 .....                   | 231        |
| 7.3.3 控制系统的供电 .....                   | 232        |
| 7.3.4 系统的抗干扰措施 .....                  | 233        |
| 7.4 高级应用程序的设计、调试经验与技巧 .....           | 235        |
| 7.4.1 可编程序控制器高级应用程序的特点 .....          | 235        |
| 7.4.2 梯形图程序的优化设计 .....                | 236        |
| 7.4.3 高级应用程序的模拟调试方法 .....             | 238        |
| 思考与练习 .....                           | 239        |
| <b>第 8 章 MCGS 应用</b> .....            | <b>240</b> |
| 8.1 MCGS 概述 .....                     | 240        |
| 8.1.1 什么是 MCGS .....                  | 240        |
| 8.1.2 MCGS 的安装过程 .....                | 240        |
| 8.1.3 MCGS 系统构成 .....                 | 242        |
| 8.2 MCGS 应用实例 .....                   | 244        |
| 8.2.1 电动大门监控系统的控制要求 .....             | 244        |

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 8.2.2 PLC 的 I/O 点的分配 .....                | 245 |
| 8.2.3 PLC 的选型 .....                       | 246 |
| 8.2.4 PLC 外部接线图 .....                     | 246 |
| 8.2.5 梯形图程序设计 .....                       | 246 |
| 8.2.6 工程的建立 .....                         | 247 |
| 8.2.7 变量的定义 .....                         | 248 |
| 8.2.8 画面的设计与编辑 .....                      | 249 |
| 8.2.9 动画连接与调试 .....                       | 257 |
| 8.2.10 MCGS 程序设计 .....                    | 263 |
| 8.2.11 PLC 与 MCGS 之间的通信设置 .....           | 265 |
| 8.2.12 电动大门监控系统的软、硬件联调 .....              | 270 |
| 思考与练习 .....                               | 270 |
| <b>第 9 章 维修电工技能鉴定指导</b> .....             | 273 |
| 9.1 中级维修电工鉴定指导 .....                      | 273 |
| 9.1.1 电机 .....                            | 273 |
| 9.1.2 安全用电常识 .....                        | 277 |
| 9.2 高级维修电工鉴定指导 .....                      | 279 |
| 9.2.1 晶闸管及整流电路 .....                      | 279 |
| 9.2.2 变频器及其应用 .....                       | 281 |
| 9.2.3 普通电焊机 .....                         | 286 |
| 9.2.4 常用电工仪表 .....                        | 287 |
| 9.2.5 维修电工常用计算口诀 .....                    | 294 |
| 思考与练习 .....                               | 298 |
| <b>附录 A FX 系列 PLC 功能指令一览表</b> .....       | 299 |
| <b>附录 B 中华人民共和国职业技能鉴定规范（中级维修电工）</b> ..... | 305 |
| <b>参考文献</b> .....                         | 309 |

## 1.1 常用低压控制电器

### 1.1.1 电器的分类

电器是接通和断开电路或调节、控制和保护电路及电气设备用的电工器件。由控制电器组成的自动控制系统，称为继电器—接触器控制系统，简称电器控制系统。

电器的用途广泛，功能多样，种类繁多，结构各异。常用的电器分类方法有以下几种。

#### 1. 按工作电压等级分类

##### (1) 高压电器

用于交流电压 1 200 V、直流电压 1 500 V 及以上电路中的电器。例如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

##### (2) 低压电器

用于交流 50 Hz (或 60 Hz)，额定电压为 1 200 V 以下、直流额定电压 1 500 V 及以下的电路中的电器。例如接触器、继电器等。

#### 2. 按动作原理分类

##### (1) 手动电器

用手或依靠机械力进行操作的电器，如手动开关、控制按钮、行程开关等主令电器。

##### (2) 自动电器

借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器，如接触器、各种类型的继电器、电磁阀等。

#### 3. 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，例如接触器、继电器、电动机启动器等。

##### (2) 主令电器

用于自动控制系统中发送动作指令的电器，例如按钮、行程开关、万能转换开关等。

##### (3) 保护电器

用于保护电路及用电设备的电器，如熔断器、热继电器、各种保护继电器、

避雷器等。

#### (4) 执行电器

用于完成某种动作或传动功能的电器，如电磁铁、电磁离合器等。

#### (5) 配电电器

用于电能的输送和分配的电器，例如高压断路器、隔离开关、刀开关、自动空气开关等。

### 4. 按工作原理分类

#### (1) 电磁式电器

依据电磁感应原理工作，如接触器、各种类型的电磁式继电器等。

#### (2) 非电量控制电器

依靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器，如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、温度继电器等。

## 1.1.2 电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求，自动或手动地改变电路的状态、参数，实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。低压电器的作用有以下几个。

#### (1) 控制作用

如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

#### (2) 保护作用

能根据设备的特点，对设备、环境以及人身实行自动保护，如电机的过热保护、电网的短路保护、漏电保护等。

#### (3) 测量作用

利用仪表及与之相适应的电器，对设备、电网或其他非电参数进行测量，如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

#### (4) 调节作用

低压电器可对一些电量和非电量进行调整，以满足用户的要求，如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

#### (5) 指示作用

利用低压电器的控制、保护等功能，检测出设备运行状况与电气电路工作情况，如绝缘监测、保护吊牌指示等。

#### (6) 转换作用

在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行，以实现功能切换，如励磁装置手动与自动的转换，供电的市电与自备电的切换等。

当然，低压电器作用远不止这些，随着科学技术的发展，新功能、新设备会

不断出现。

### 1.1.3 电磁式控制电器的基本原理

电磁式低压电器是利用电磁系统控制动作的低电压器件，即当电压或电流达到某一数值时，对应电磁吸力足以克服反力弹簧弹力，从而使得连杆带动触头闭合或断开。它的作用是用低电压小电流去控制大电流或高电压的转接。

#### 1. 电磁式低压电器的基本组成

电磁式低压电器是利用电磁现象完成电器电路或非电对象的切换、控制、检测、保护、指示等功能的。电磁式低压电器的结构示意图如图 1.1 所示，它由以下几部分组成。

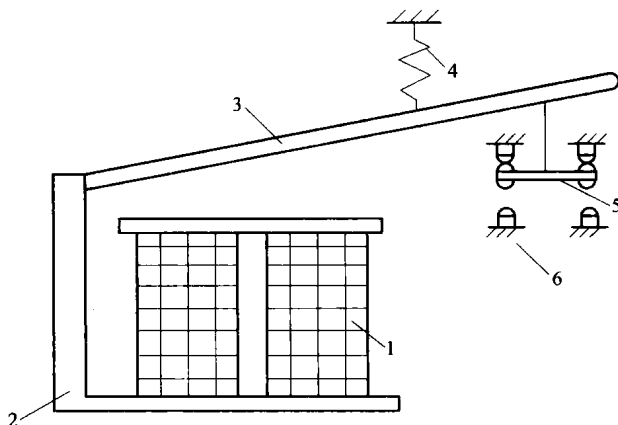


图 1.1 电磁式低压电器的结构示意图

1—线圈；2—铁芯；3—衔铁；4—弹簧；5—动触头；6—静触头

#### (1) 固定支架系统

为触头、线圈、铁芯、弹簧等提供支撑、保护、固定等。

#### (2) 电磁系统

依靠线圈通电产生的磁通，使铁芯产生吸引力，作为触头动作的力量来源。

#### (3) 触头系统

用来对电气回路进行切断或接通的电气部分，是电磁低压电器的执行部分。

图 1.1 中，电磁式低压电器的动作过程为：当线圈 1 通电后，将会在铁芯 2 中产生磁通  $\Phi$ ，因此产生吸引力将吸引衔铁 3 向下移动，并带动动触头 5 动作，接通或断开电路；当线圈失电后，衔铁在弹簧 4 弹力的作用下，恢复到线圈通电前的状态，触头也同时复位。

#### (4) 灭弧系统

在负荷较重时，触头动作会产生较强的电弧，灭弧系统就是专门用来熄灭电

弧的。

电磁式低压电器的动作过程为：当线圈 1 通电后，将会在铁芯 2 中产生磁通  $\Phi$ ，因此产生一吸力吸引衔铁 3 向下移动，并带动动触头 5 动作，接通或断开电路；当线圈失电后，衔铁在弹簧 4 弹力的作用下，恢复到线圈通电前的状态，触头也同时复位。

## 2. 电磁机构

电磁机构也称电磁系统，由吸引线圈和磁路两个部分组成。磁路包括铁芯、铁轭、衔铁和空气隙。吸引线圈通以一定电压或电流产生激励磁场及吸力，并通过气隙转换为机械能，从而带动衔铁运动使触头动作，以完成触头的断开和闭合。图 1.2 是几种常用的电磁机构示意图。由图可见衔铁在电磁力的作用下可以直动，也可以绕某一支点转动。电磁吸力是指电磁铁线圈通电后，铁芯吸引衔铁的力。

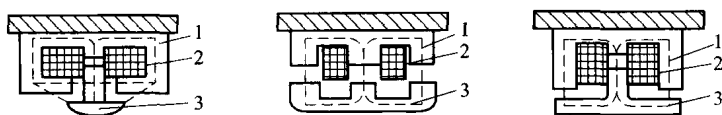


图 1.2 常用电磁机构的型式

1—铁芯；2—线圈；3—衔铁

## 3. 触头系统

触头是用于切断或接通电器回路的部分。按其接触情况可以分为点接触式、线接触式和面接触式 3 种，如图 1.3 所示。

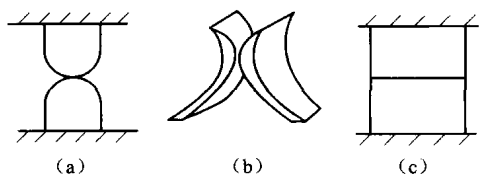


图 1.3 电磁式继电器的触头

(a) 点接触式；(b) 线接触式；(c) 面接触式

根据用途不同，触点分为主触点和辅助触点两种。主触点用以通断电流较大的主电路，一般由接触面较大的常开触点组成。辅助触点用以通断电流较小的控制电路，它由常开触点和常闭触点成对组成。当触头未动作时，处于断开状态的触点称为常开（或动合）触点；

当触头未动作时，处于接通状态的触点称为常闭（或动断）触点。触点材料一般采用银或银的合金，常用的有银—氧化镉、银—钨或铜—钨等。

触头接触时，其基本性能要求接触电阻尽可能小。为了使触头接触得更加紧密，以减小接触电阻，消除开始接触时产生的振动，一般在制造时，在触头上装有接触弹簧，使触头在刚刚接触时产生初压力，并且随着触头的闭合逐渐增大触头互压力。

## 4. 灭弧系统

电器的触头在闭合或断开（包括熔体在熔断时）的瞬时，都会在触头间隙中

由电子产生弧状的火花,这种由电器原因产生的火花,称为电弧。电弧产生的原因主要有强电场放射、撞击电离、热电子发射、高温游离4个物理过程。电弧将会产生大量的热,从而会烧坏触头,引起接触不良。大容量电器应迅速灭弧。

灭弧的基本原理是将电弧拉长、切短、隔离、冷却,以降低电弧温度和电弧强度。常用的灭弧方法有两种:灭弧罩灭弧、灭弧栅片熄弧。其他的灭弧方式还有磁吹灭弧和纵缝灭弧等。低压电器灭弧时,可以只采用一种方法,也可以多种方法并用,以提高灭弧能力。

### 1.1.4 交流接触器

接触器是一种用来自动地接通或断开大电流电路的电器。它可以频繁地接通或分断交流电路,并可实现远距离控制。其主要控制对象是电动机,也可用于其他负载。接触器具有控制量大、过载能力强、操作频繁、工作可靠、设备简单经济等特点,还具有零压保护、欠压释放保护等作用,因此在电器控制中应用十分广泛。接触器按其流过线圈工作电流种类不同,可分成交流接触器和直流接触器两类。本节主要介绍交流接触器的结构和工作原理。

交流接触器是利用电磁吸力与弹簧弹力配合动作,使触头闭合或分断的。实验室的交流接触器的外形可以看控制板上,其结构如图1.4所示。

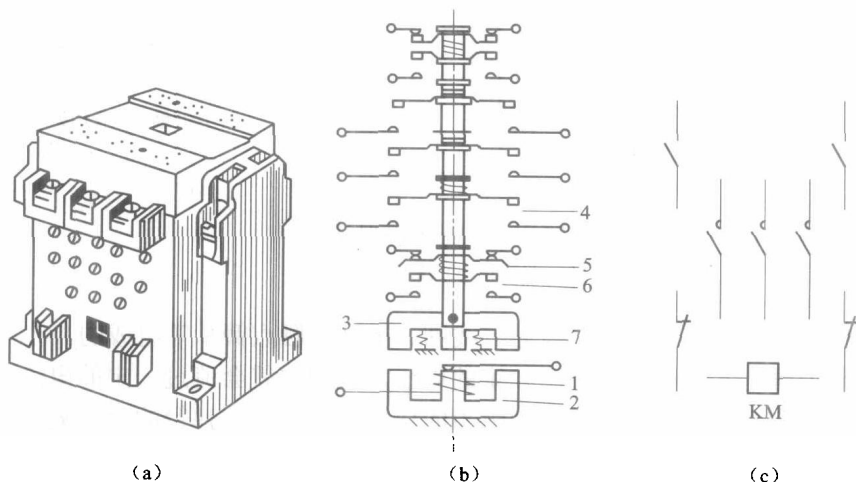


图1.4 交流接触器的结构和图形符号

(a) 外形; (b) 结构示意图; (c) 图形符号

1—电磁铁线圈; 2—静铁芯; 3—动铁芯; 4—主触头; 5—动断辅助触头;

6—动合辅助触头; 7—恢复弹簧

它有两种工作状态:得电动作状态和失电释放状态。当吸引线圈得电后,衔

铁被吸合，所有的动合触头闭合，动断触头分断，接触器处于得电状态；当吸引线圈失电后，衔铁释放，在复位弹簧的作用下，所有的动合触头分断，动断触头闭合，接触器处于失电状态。

交流接触器的结构有电磁系统、触头系统、灭弧装置、弹力装置等部分组成。触头有 5 个动合触头，其中，3 个为主触头、两个辅触头，还有两个动断辅触头。这些辅触头常起电气联锁作用。

### 1.1.5 中间继电器

中间继电器属于一种参量控制开关，即当电压或电流达到某一数值时开关开启或闭合。中间继电器属于开关的范畴。它和接触器工作原理基本相同，但其触点容量小，触点个数多。

中间继电器由铁芯线圈、机架和触点组成。

图 1.5 是中间继电器的结构示意和电路图形符号。中间继电器是使用最早、应用最广泛的一种继电器。

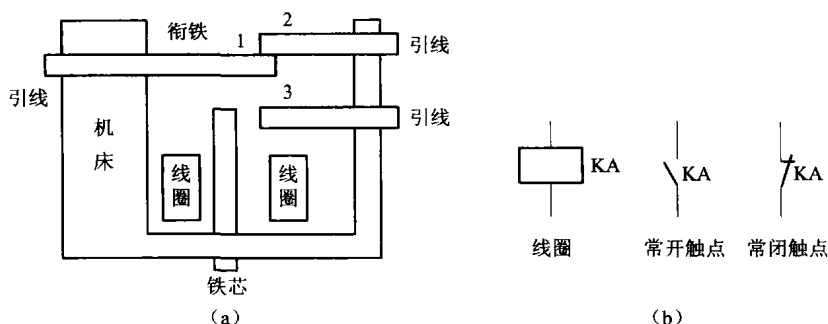


图 1.5 中间继电器动作原理图

(a) 结构；(b) 图形和文字符号

中间继电器结构一般是由铁芯、线圈、衔铁、触点簧片等组成的。

工作原理：在线圈两端加上一定的电压，线圈中就会流过一定的电流，从而产生电磁效应，衔铁就会在电磁力吸引的作用下克服返回弹簧的拉力吸向铁芯，从而带动衔铁的动触点与静触点（常开触点）吸合。当线圈断电后，电磁的吸力也随之消失，衔铁就会在弹簧的反作用力返回原来的位置，使动触点与原来的静触点（常闭触点）吸合。这样吸合、释放，从而达到了在电路中的导通、切断的目的。为了在电路图上清楚而简单地将继电器表示出来，通常用一个文字符号和图形符号来表示中间继电器线圈和它的触点。