

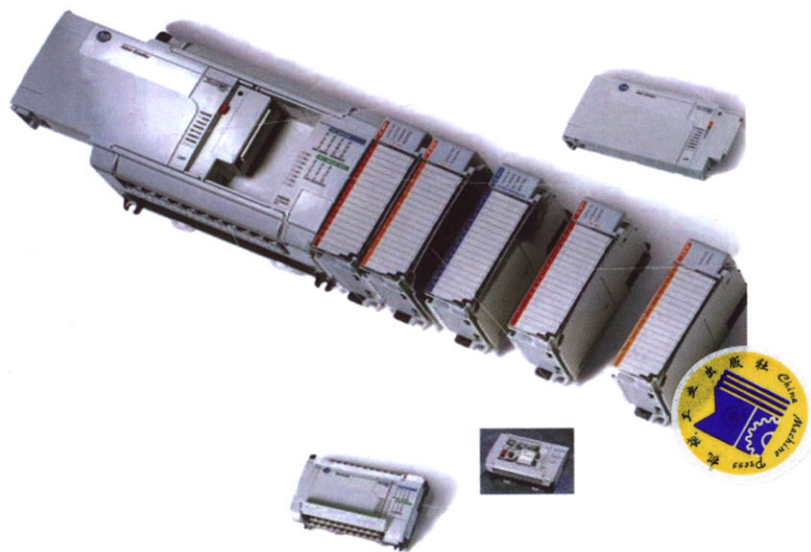



**Rockwell
Automation**

罗克韦尔自动化技术丛书

电气控制与 MicroLogix 1200/1500 应用技术

叶昊 王宏宇 蔡文龙 侯艳 等编著



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

罗克韦尔自动化技术丛书

电气控制与 MicroLogix1200/ 1500 应用技术

叶 昊 王宏宇 蔡文龙 侯 艳 等编著



机械工业出版社

本书介绍了常用低压电器和罗克韦尔自动化公司的 MicroLogix1200/1500 可编程序控制器的基本功能和使用方法,包括 MicroLogix1200/1500 可编程序控制器的性能指标、存储器结构、程序指令、用户程序结构、功能文件、模拟量控制、网络结构以及上位组态软件 RSView32 的简单使用方法。本书还介绍了仿真软件 RSLogix Emulate500 的使用方法。仿真软件的使用可以大大缩短现场调试过程中的时间消耗。附录中给出了各种故障代码,这对工程实践中的故障处理具有实用意义。

本书可作为大专院校工业自动化、电气工程及其自动化、应用电子、机电一体化等专业的教材,也可作为从事自动化专业的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与 MicroLogix1200/1500 应用技术/叶昊等
编著. —北京:机械工业出版社,2014.5
(罗克韦尔自动化技术丛书)
ISBN 978-7-111-47412-8

I. ①电… II. ①叶… III. ①电气控制②可编程序控
制器 IV. ①TM921.5②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 161882 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:林春泉 责任编辑:王 荣
版式设计:霍永明 责任校对:刘秀丽
封面设计:鞠 杨 责任印制:刘 岚
北京京丰印刷厂印刷
2014 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·16.5 印张·398 千字
0 001—3 000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-47412-8
定价:50.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务
社服务中心:(010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>
销售一部:(010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>
销售二部:(010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>
读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

低压电器作为基础元器件，广泛应用于工业控制领域，尤其是在控制逻辑相对简单、系统扩展性低、要求控制成本不高的场合。目前，仍然有一些自动控制系统完全是由低压电器来组成实现的。

伴随着控制系统复杂程度的增加，控制系统的规模也越来越大，仅靠低压电器来构建控制系统很难实现众多的控制功能，同时电路的连接也更加复杂，可编程序控制器的出现解决了上述问题。

可编程序控制器是1969年由美国数据设备公司为美国通用汽车公司研制的一种工业控制装置，在早期仅仅用于逻辑控制，目前在模拟量控制、运动控制等领域都得到了极其广泛的应用。通过工业控制网络的连接，控制器之间的高效通信问题也得到了很好的解决，控制系统的规模越来越大，可编程序控制器已经成为了自动控制系统的核心部件。同时，不能忽略的一点是，低压电器作为控制系统的外围元器件仍然具有很高的地位。

罗克韦尔自动化公司的MicroLogix系列可编程序控制器是众多需要紧凑型控制器企业的选择，其中MicroLogix1500是这个系列中的最高版本。MicroLogix系列可编程序控制器将高速内置I/O与模块化的扩展I/O相结合，可为所用应用提供合适的I/O点数。

目前，市场上出版的日系产品和德系产品的书籍较多，但是介绍罗克韦尔自动化产品的书籍相对较少，尤其缺乏专门介绍具体某一型号产品的书籍。本书正是在这个初衷下编写的。本书可以作为MicroLogix1200/1500控制器的教材使用，同时也可用于广大工程技术人员工程实践指导用书。

本书介绍了常用低压电器、电气线路的基本控制原则和基本控制环节、MicroLogix1200/1500可编程序控制器、MicroLogix控制器的基本编程指令、用户程序结构、编程软件RSLogix500 English的使用方法、功能文件、MicroLogix控制器在模拟量闭环控制中的应用、MicroLogix系统通信网络、上位组态软件RSView32等内容。书中可编程序控制器的示例均在MicroLogix1500 LRP Series C（操作系统FRN 11.0、处理器FRN 2.0）控制器上通过了验证。

本书第1、8章由侯艳撰写，第2章由王宏宇撰写，第4、10章由蔡文龙撰写，第3、5、6、7、9章及附录由叶昊撰写，陈晓堂、韩立哲参与了部分编写和实验设计。全书由叶昊统稿。在整部书的写作过程中，编者得到了罗克韦尔自动化公司大学项目部李磊经理的大力支持，同时吕颖珊和李森也对本书提出了大量的宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者对知识的理解程度有限，再加上实际应用中的经验积累还很不足，书中难免会有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2014年7月

目 录

前言

第 1 章 常用低压电器 1

1.1 概述 1

1.2 电磁式低压电器的结构及工作原理 3

1.2.1 电磁机构 3

1.2.2 触点系统 6

1.2.3 灭弧装置 7

1.3 接触器 9

1.4 继电器 16

1.4.1 电磁式继电器 16

1.4.2 热继电器 21

1.4.3 时间继电器 26

1.4.4 速度继电器 28

1.4.5 罗克韦尔继电器 29

1.5 熔断器 32

1.6 低压刀开关和低压断路器 36

1.6.1 低压刀开关 36

1.6.2 低压断路器 38

1.7 主令电器 42

1.7.1 控制按钮 42

1.7.2 限位开关 43

1.7.3 接近开关 44

1.7.4 万能转换开关 45

1.7.5 主令控制器 46

1.7.6 罗克韦尔自动化主令电器 47

第 2 章 电气电路的基本控制原则和基本控制环节 48

2.1 电气控制系统图的类型及有关标准 48

2.2 电气控制电路基本控制环节 51

2.3 三相异步电动机的起动控制 56

2.4 三相异步电动机的制动控制 60

2.5 三相异步电动机的调速控制 65

2.6 电气控制系统的保护环节 66

2.7 电气控制电路的分析基础 67

第 3 章 MicroLogix1200/1500 可编

程序控制器 71

3.1 罗克韦尔自动化公司简介 71

3.2 MicroLogix1200/1500 可编程序控制器 71

第 4 章 MicroLogix 控制器的基本编程指令 77

4.1 PLC 的存储器结构 77

4.1.1 程序文件 78

4.1.2 数据文件 78

4.2 位指令 80

4.3 定时器指令 87

4.4 计数器指令 96

4.5 传送和逻辑运算指令 99

4.6 比较指令 101

4.7 算术指令 104

4.8 移位指令 109

4.9 顺序控制指令 111

4.10 输入/输出指令 116

4.11 程序流程指令 118

4.12 基本指令应用举例 122

第 5 章 MicroLogix1200/1500 可编程序控制器用户程序结构 128

5.1 控制器故障识别 128

5.2 程序基本结构 130

5.3 中断及用户故障处理程序 133

第 6 章 编程软件 RSLogix500 English 的使用方法 144

6.1 RSLogix500 English 编程软件的基本使用方法 144

6.1.1 通信驱动程序的配置 144

6.1.2 RSLogix500 English 编程软件的使用 146

6.2 控制器的 I/O 组态 151

6.3 监视数据 153

6.4 数据文件的保护和程序的加密 156

| | | | |
|--------------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| 6.5 仿真软件 | 158 | 8.5 PID 的其他子元素 | 203 |
| 第 7 章 功能文件 | 161 | 8.6 PID 参数的调节 | 203 |
| 7.1 高速计数器 (HSC) | 161 | 第 9 章 MicroLogix 系统通信 | |
| 7.1.1 HSC 的工作模式 | 161 | 网络 | 205 |
| 7.1.2 HSC 功能文件子元素 | 164 | 9.1 DH485 网络 | 205 |
| 7.1.3 高速计数器指令 | 171 | 9.1.1 DH485 的工作原理 | 206 |
| 7.1.4 PLS 文件 | 172 | 9.1.2 DH485 的物理链路 | 206 |
| 7.1.5 高速计数器应用实例 | 175 | 9.1.3 AIC + 高级接口转换器 | 207 |
| 7.2 脉冲串输出 (PTO) | 179 | 9.2 DF1 通信协议 | 208 |
| 7.3 脉宽调制 (PWM) | 184 | 9.2.1 DF1 全双工协议 | 208 |
| 7.4 其他功能文件 | 185 | 9.2.2 DF1 半双工协议 | 210 |
| 7.4.1 实时时钟 (RTC) | 185 | 9.2.3 DF1 无线电调制解调器协议 | 216 |
| 7.4.2 数据存取仪 (DAT) | 186 | 9.3 Modbus RTU 协议 | 217 |
| 7.4.3 微调电位器 (TPI) | 189 | 9.4 ASCII 协议 | 220 |
| 7.4.4 存储器模块信息 (MMI) | 192 | 第 10 章 上位组态软件 RSView32 | |
| 7.4.5 基本硬件信息 (BHI) | 194 | 简介 | 222 |
| 7.4.6 通信状态 (CS0、CS1) | 194 | 10.1 RSView32 项目的建立 | 222 |
| 7.4.7 输入/输出状态 (IOS) | 194 | 10.2 OPC 与 DDE 技术 | 230 |
| 第 8 章 MicroLogix 控制器在模拟 | | 附录 | 232 |
| 量闭环控制中的应用 | 195 | 附录 A S2: 6 中故障信息代码 | 232 |
| 8.1 模拟量闭环控制系统 | 195 | 附录 B MicroLogix1500 控制器状态字 | 238 |
| 8.2 用于 MicroLogix1500 系统的模拟 | | 附录 C 高速脉冲输出 PTO 故障代码 | 251 |
| 量输入/输出模块 | 195 | 附录 D PWM 故障代码 | 252 |
| 8.3 PID 控制器 | 197 | 附录 E DAT 故障代码 | 253 |
| 8.4 PID 指令的标志位 | 202 | 参考文献 | 254 |

第 1 章 常用低压电器

1.1 概述

工业用电器是指根据使用要求及外部控制信号，通过一个或多个器件组合，可自动或手动接通或断开电路，以实现电路中被控对象的控制、切换、保护、检测和调节作用的电气设备。

按工作电压的等级分类可分为高压电器和低压电器。高压电器是指在交流 50Hz、额定电压 1200V、直流额定电压 1500V 及以上的电器产品。低压电器是指在交流额定电压 1200V、直流额定电压 1500V 及以下的电路中起控制、切换、保护、检测和调节作用的电器产品。

本章主要介绍低压电器的结构、内部原理、用途以及它们的图形符号和文字符号，为正确选择和合理使用低压电器提供参考，为电气控制电路的设计打下基础。

低压电器的种类繁多，结构各异，功能多样，其分类方法很多，且相互交叉、覆盖。常用低压电器的种类及用途见表 1-1。

表 1-1 常用低压电器的种类及用途

| 序号 | 类别 | 主要品种 | 主要用途 |
|----|------------|------------|---|
| 1 | 刀开关 隔离器 | 胶盖壳式开关 | 主要用于接通和断开电路，实现电路非频繁切换，隔离电源或负载 |
| | | 熔断器式开关 | |
| | | 封闭式负载开关 | |
| | | 转换开关 | |
| | | 组合开关 | |
| 2 | 熔断器 | 瓷插式熔断器 | 主要用于过载和短路保护 |
| | | 螺旋式熔断器 | |
| | | 有填料密闭管式熔断器 | |
| | | 无填料密闭管式熔断器 | |
| | | 快速熔断器 | |
| | | 自复式熔断器 | |
| 3 | 断路器 | 塑料外壳式断路器 | 主要用于电路非频繁地接通和断开，电路在过载、短路、欠电压、漏电流等情况下起保护功能 |
| | | 智能型断路器 | |
| | | 漏电保护器 | |
| | | 万能式断路器 | |
| | | 框架式断路器 | |

(续)

| 序号 | 类别 | 主要品种 | 主要用途 |
|----|------|---------|---|
| 4 | 继电器 | 电磁式继电器 | 主要用于控制电路中, 实现逻辑控制, 将控制量转换成控制电路所需要的电量或开关信号, 实现物理控制 |
| | | 热继电器 | |
| | | 温度继电器 | |
| | | 时间继电器 | |
| | | 中间继电器 | |
| 5 | 接触器 | 交流接触器 | 主要用于远距离频繁切断负载电路, 控制负载 |
| | | 直流接触器 | |
| | | 可逆接触器 | |
| | | 真空接触器 | |
| 6 | 控制器 | 凸轮控制器 | 主要用于电源及电路切换, 负载通断 |
| | | 平面控制器 | |
| 7 | 执行器 | 起重电磁铁 | 主要用于执行逻辑控制, 实现起重、牵引、制动等功能 |
| | | 牵引电磁铁 | |
| | | 制动电磁铁 | |
| 8 | 主令电器 | 按钮 | 主要用于发布控制命令和信号, 改变控制系统工作状态 |
| | | 指示灯 | |
| | | 限位开关 | |
| | | 组合开关 | |
| | | 万能转换开关 | |
| 9 | 起动器 | 自耦减压起动器 | 主要用于电动机起动 |
| | | 电磁起动器 | |
| | | 软起动器 | |

1. 按使用场合和功能的不同

可以分为配电电器、控制电器、执行电器、主令电器和保护电器。

(1) 配电电器

主要用于低压配电系统中, 在系统发生故障的情况下, 对电路及设备进行保护及通断、转换电源或负载的电器。配电系统对配电电器的要求是: 动作准确、工作可靠、有足够的热稳定性和电稳定性。常见的配电电器有低压隔离器 (刀开关)、熔断器和断路器等。

(2) 控制电器

主要用于电力拖动控制系统和电气控制系统中对用电设备的通断进行控制的电器。对控制电器的要求是: 工作准确可靠、操作频率高、寿命长等。常见的控制电器有继电器、接触器、按钮、行程开关、变阻器、热继电器和起动器等。

(3) 执行电器

主要是用于完成某种控制动作和传动功能的电器, 如电磁铁、电磁离合器等。

(4) 主令电器

在控制系统中发布控制命令, 改变系统状态的电器, 如行程开关、转换开关、主令开关等。

(5) 保护电器

主要用于对电路或电气设备进行安全保护的电器，如热继电器、熔断器和各种保护继电器、避雷器等。

2. 按照控制电器动力的不同

可分为自动控制电器和非自动控制电器。

自动控制电器是指在电磁力的作用下，自动执行动作命令的电器，如低压断路器、接触器、继电器等。

非自动控制电器是指人手操作发出动作指令的电器，如刀开关、按钮等。

3. 按输出形式的不同

可分为有触点控制电器和无触点控制电器。

有触点控制电器是指电路的通断功能由触点实现，如接触器、继电器等。

无触点控制电器是指电路的通断功能不是由触点实现，而是由输出信号的高低电平来实现，如晶闸管的导通与截止。

4. 按工作原理的不同

可分为电磁式电器和非电量控制电器。

电磁式电器是指由电磁机构控制电器动作的电器，如接触器、继电器等。

非电量控制电器是指由非电磁机构控制电器动作的电器，如按钮、行程开关等。

1.2 电磁式低压电器的结构及工作原理

电气控制系统中以电磁式电器的应用最为普遍。电磁式低压电器是利用电磁感应原理实现电器功能的电器类型，此类电器在工作原理及结构组成上大体相同。接触器和继电器是控制系统中最常用的两种电磁式低压电器，其结构由电磁机构、触点系统以及灭弧装置三部分组成。

1.2.1 电磁机构

电磁机构由线圈、铁心（静铁心）、衔铁（动铁心）及气隙组成。衔铁与受控电路的触点系统相连。在线圈中通以一定的电压或电流产生励磁信号，铁心中就会产生磁场，并通过气隙转化成机械能，从而吸引衔铁，带动触点系统断开或接通过受控电路。通过电磁感应原理将电能转化成机械能。

1. 电磁机构的结构

常用电磁机构的结构如图 1-1 所示。根据结构的不同存在多种分类方法。

(1) 按衔铁的运动方式分类

衔铁沿棱角转动的拍合式铁心，如图 1-1a 所示。衔铁绕静铁心的棱角转动，磨损较小，铁心用软铁制成，适用于直流接触器和继电器。

衔铁沿轴转动的拍合式铁心，如图 1-1b 所示。衔铁绕轴转动，铁心用硅钢片叠成，常用于较大容量的交流接触器中。

衔铁作直线运动的直动式铁心，如图 1-1c 所示。衔铁在磁力作用下直线运动，较多用于中小容量的交流接触器和继电器中。

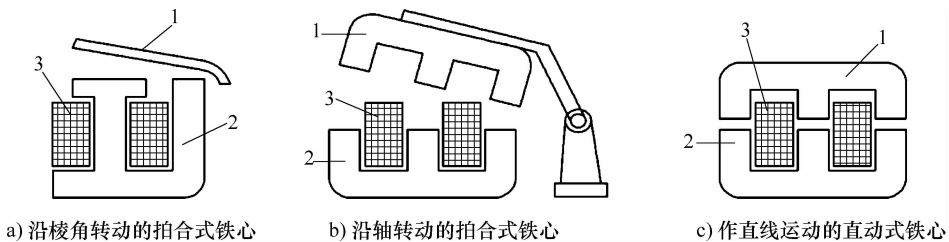


图 1-1 常用电磁机构结构

1—衔铁 2—铁心 3—线圈

(2) 按铁心形状分类

按铁心形状分为图 1-1a 所示的 U 形和图 1-1b 所示的 E 形。

(3) 按励磁线圈的通电种类分类

按励磁线圈的通电种类分为交流励磁线圈和直流励磁线圈。交流励磁线圈通以交流电时，为了减小因涡流造成的能量损耗和温升，铁心和衔铁需用硅钢片叠成；对于直流励磁线圈，铁心和衔铁可以用整块电工软钢做成。

(4) 按励磁线圈的连接方式分类

按照励磁线圈的连接方式，可分为并联和串联。并联于电路工作的励磁线圈称为电压线圈，如图 1-2 所示。线圈的匝数多，阻抗大，电流小，常用绝缘较好的电线绕制。

串联于电路工作的励磁线圈称为电流线圈，如图 1-3 所示。线圈的匝数少，阻抗小。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。

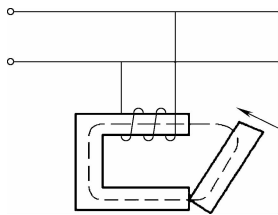


图 1-2 电压线圈

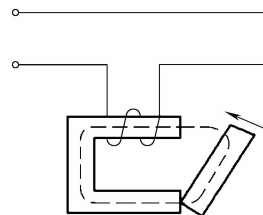


图 1-3 电流线圈

2. 电磁机构的工作原理

励磁线圈通电以后，作用在衔铁上的力有电磁吸力和反力。铁心吸引衔铁带动触点改变电路通断状态的力称为电磁吸力。而反力则是由释放弹簧和触点弹簧所产生的力。电磁机构使衔铁吸合的力与气隙的关系曲线称为吸力特性。电磁机构使衔铁释放（复位）的力与气隙的关系曲线称为反力特性。电磁机构的工作特性常用吸力特性和反力特性来表示。

(1) 吸力特性

电磁机构的吸力与很多因素有关，当气隙 δ 比较小时，吸力可按下式近似求得：

$$F = 4B^2S \times 10^5 \quad (1-1)$$

式中， F 为电磁吸力 (N)； B 为气隙磁通密度 (T)； S 为吸力处端面积 (m^2)。

当吸力处端面积 S 为常数时，电磁吸力 F 与气隙磁通密度的二次方 B^2 成正比，也可认为 F 与磁通的二次方 Φ^2 成正比。即

$$F \propto \Phi^2 \quad (1-2)$$

电磁机构的吸力特性反应的是电磁吸力与气隙的关系。励磁线圈中电流的种类不同，吸力特性也不同。

1) 交流电磁机构的吸力特性。交流电磁机构励磁线圈的阻抗主要取决于线圈的电抗(电阻相对很小)，那么

$$U \approx E = 4.44f\Phi N \quad (1-3)$$

式中， U 为线圈电压(V)； E 为线圈感应电动势(V)； f 为线圈外加电压的频率(Hz)； Φ 为气隙磁通(Wb)； N 为线圈匝数。

交流励磁时，电压、磁通都会随时间作周期性变化，所以电磁吸力也会做周期性变化。式(1-3)中，当频率 f 、匝数 N 和外加电压 U 都为常数时， Φ 也为常数，所以电磁吸力 F 也为常数，这里是指其幅值不变。电磁吸力 F 与气隙 δ 没有关系，但实际上，吸力 F 随气隙 δ 的减小略有增加，其吸力特性如图1-4所示。根据磁路定律，交流励磁线圈的电流 I 与气隙 δ 成正比。在交流电磁机构中，励磁线圈通电而衔铁尚未动作时，电流会达到吸合后额定电流的几倍甚至几十倍。如果衔铁过度频繁地动作或者卡住不吸合，励磁线圈很可能会烧毁。所以在一些操作比较频繁或性能要求比较高的场合，不适合使用交流电磁机构。

2) 直流电磁机构的吸力特性。对于直流电磁机构，当外加电压恒定时，励磁电路电流仅与线圈电阻有关，不受气隙变化的影响，即

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-4)$$

式中， I 为线圈电流(A)； U 为外加电压(V)； R 为直流电阻(Ω)。

当电压恒定时，磁通 Φ 与气隙 δ 有关，即

$$\Phi = \frac{IN}{R_m} = \frac{IN}{\frac{\delta}{\mu_0 S}} = \frac{IN\mu_0 S}{\delta} \quad (1-5)$$

式中， N 为线圈匝数； R_m 为磁阻(H^{-1})； μ_0 为真空磁导率(H/m)； δ 为气隙(mm)； S 为吸力处端面积(m^2)。所以，直流电磁机构的吸力 F 与气隙 δ 的二次方成反比，即

$$F \propto \Phi^2 \propto \frac{1}{\delta^2} \quad (1-6)$$

其吸力特性如图1-5所示。

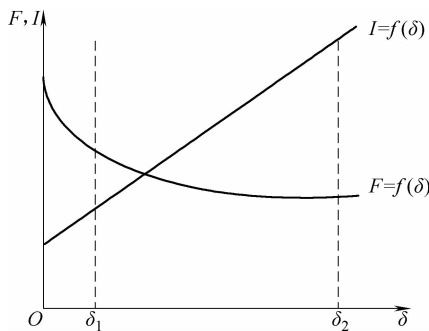


图1-4 交流电磁机构的吸力特性

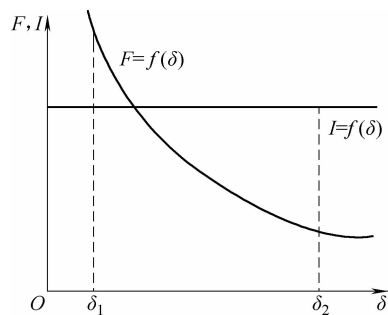


图1-5 直流电磁机构的吸力特性

直流电磁机构中，励磁线圈通电衔铁闭合前后，只要外加电压恒定，则电流不变。因此，直流电磁机构适合在一些动作比较频繁的场所、性能要求比较高的场合使用。但当励磁线圈断电时， $I \times N$ 急速下降至 0，电磁机构中磁通急速变化在励磁线圈中产生较大的反电动势，易使线圈过电压烧毁。解决方法是在励磁线圈上并联一电阻，当励磁线圈断电以后，励磁线圈和电阻形成放电电路，将磁场中的能量转化为电阻上的热能消耗掉，避免产生过电压现象。电阻 R 在电路长期正常通电工作时会产生能量损耗，此时，要与电阻串联一个二极管，在正常工作时放电电路不工作，如图 1-6 所示。

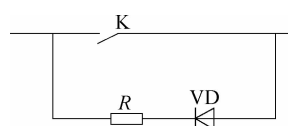


图 1-6 直流线圈上并联放电回路

(2) 反力特性

电磁机构使衔铁释放的力有两种，一种是弹簧的反力；另一种是衔铁自身的重力。弹簧反力与其形变位移成正比。自重的反力与气隙的大小无关。反力特性如图 1-7 中曲线 3 所示。为了保证使衔铁能牢牢吸合，反作用力特性必须与吸力特性配合好。吸合过程中，吸力作用要大于反力作用，但也不能过大或过小。吸力过大时，冲力也大，易损坏触点和衔铁，影响电器的使用寿命。吸力过小时，冲力不足，衔铁运动速度过慢，难以满足高频通断电路的要求。释放过程中，反力作用要大于吸力作用，才能保证衔铁可靠释放。实际使用中，可调整反力弹簧或触点初压力以改变反力特性，使之与吸力特性有良好的配合，有助于电器在控制系统中发挥良好的性能。

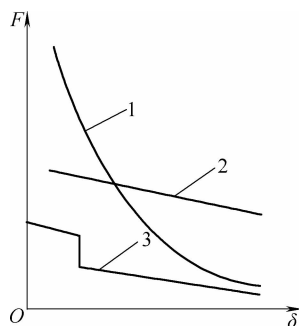


图 1-7 吸力特性和反力特性
1—直流吸力特性 2—交流吸力特性 3—反力特性

1.2.2 触点系统

触点是低压电磁式电器的执行部分，起通、断电路的作用。在有触点的电气元器件中，基本功能是靠触点来完成的。因此，要求使用导电、导热及耐磨性良好的金属材料做触点，故应考虑其材质和结构设计。对于电流容量较小的低压电器，如微型的继电器，常采用银质材料作触点。其优点是银的氧化膜电阻率与纯银相近，与其他材质（比如铜）相比，可以避免因长时间工作，触点表面氧化膜电阻率增加而造成触点接触电阻增大，有较低而稳定的接触电阻。对于大中容量的低压电器，一般采用铜质材料，避免或减少触点表面氧化物，保持触点清洁。

触点可分为动触点和静触点，与机械装置联动的触点称为动触点，固定不动的触点称为静触点。电磁式电器在线圈未通电时，触点有常开（动合）和常闭（动断）两种触点。原始状态下，常开触点是断开状态，动触点与静触点处于断开状态。常闭触点中动触点和静触点处于闭合状态。当线圈通电时，常开触点改变状态，动触点与静触点闭合，接通电路。常闭触点中动触点与静触点断开，使得电路断开。

触点的接触形式有三种：点接触、面接触和线接触。点接触是半球形与半球形或半球形与平面形接触，适用于电流小、触点压力小的电器中，如图 1-8a 所示；面接触是平面对平面，适用于大电流的场合，如图 1-8b 所示；线接触是圆柱形对圆柱形或圆柱形对平面形，适用于电流较大、触点分合频繁的场合。线接触其触点在接触过程中是滚动动作，如图 1-8c

所示。开始接触时，动触点和静触点在 A 点接触，靠弹簧的压力，触点由 A 点经 B 点滚动到 C 点。闭合状态下，长期工作在 C 点。断开时运动过程与闭合时相反。动触点滚动的过程中产生摩擦，可以自动清除触点表面的氧化膜。



图 1-8 触点接触形式

触点的结构类型有两种，分为桥式触点和指形触点。桥式触点如图 1-9a 和图 1-9b 所示，多为点接触和面接触，图中桥式触点为常开触点。当线圈通电后，动触点跟随衔铁向铁心运动，与静触点接触，接通电路。图 1-9c 为指形触点，触点闭合、断开的过程中有滚滑运动，可自动清除触点表面氧化物，多作为接触器的主触点使用。

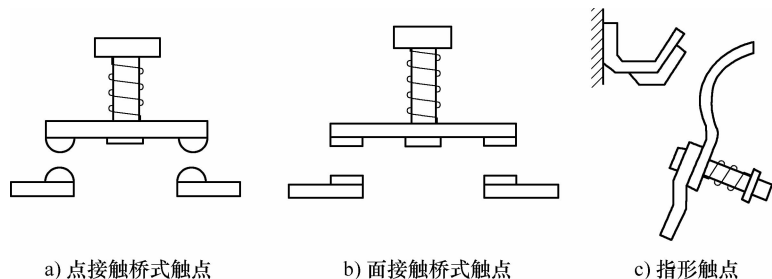


图 1-9 触点结构形式

1.2.3 灭弧装置

触点由闭合到断开时，触点间间隙较小，电场强度极大，金属触点内部电荷在电场力作用下产生大量运动的带电粒子，形成电子流产生电弧，出现放电现象。电弧伴随高温、高热和强光，会烧毁触点，使电路不能正常通断，发生故障。要保证电路与电气元器件的安全工作，对切换较大电流的触点系统，必须采取有效的灭弧措施。要熄灭电弧，必须降低电弧的温度和电磁强度。降低电弧温度可增大散热面积，将电弧与冷却介质接触。增大触点间隙，增大电弧长度，可降低电磁强度。常用的灭弧方法有电动力灭弧、栅片灭弧、磁吹式灭弧及灭弧罩。

1. 电动力灭弧

电动力灭弧如图 1-10 所示，当触点断开时，触点间产生电子流。电流在触点间隙中产生磁通方向垂直纸面向里的磁场。利用法拉利电磁感应定律左手定则，触点间的电弧受到力

F 的作用将电弧从触点间向外拉伸，使其迅速冷却熄灭。

2. 栅片灭弧

灭弧栅片是一些片间距离 $2 \sim 3\text{mm}$ 的绝缘镀铜钢片组成，如图 1-11 所示。当电弧产生后，会受到力 F 的作用被拉入到栅片中，被分割成一段一段的短弧。当短弧的交流电压过零时，电弧熄灭。电弧熄灭后很难重燃，重燃需要相邻栅片间必须要有 $150 \sim 250\text{V}$ 的电压降限制条件，而且栅片具有散热作用，能够很快带走电弧上的热量。

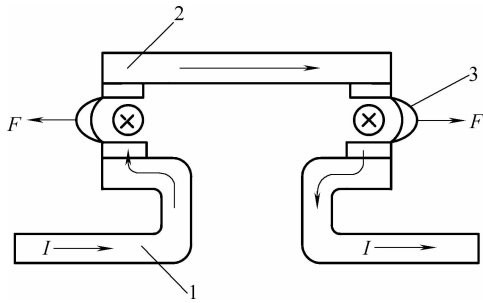


图 1-10 电动力灭弧

1—静触点 2—动触点 3—电弧

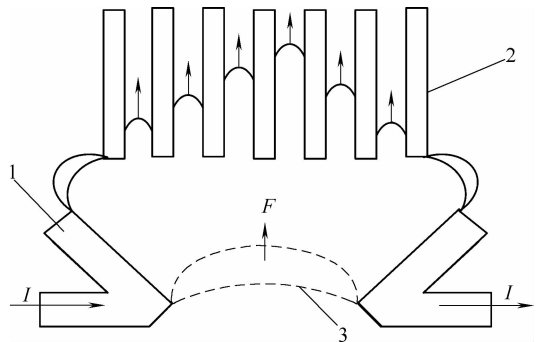


图 1-11 栅片灭弧

1—触点 2—灭弧栅片 3—电弧

3. 磁吹式灭弧

利用电弧电流本身灭弧，电弧电流越大，灭弧能力也越强。磁吹式灭弧如图 1-12 所示。在触点电路中串入磁吹线圈 3，该线圈产生的磁通经过导磁夹板 4 引向触点 7 和 9 周围，根据右手定则在电弧处磁通方向为 \otimes 。触点电弧产生的磁通方向在电弧下方为 \otimes ，电弧上方为 \odot 。在电弧下方两个磁通是相加的，而在电弧上方是彼此相减的。在磁场作用下产生向上运动的力 F 将电弧拉长，经引弧角 6 引入灭弧罩 5 中，电弧被拉长并受到冷却而很快被熄灭，这种方式广泛应用于直流灭弧装置中，如直流接触器中。

4. 灭弧罩

灭弧罩利用窄缝实现灭弧，如图 1-13 所示。灭弧罩中有多条上窄下宽的纵缝，当触点

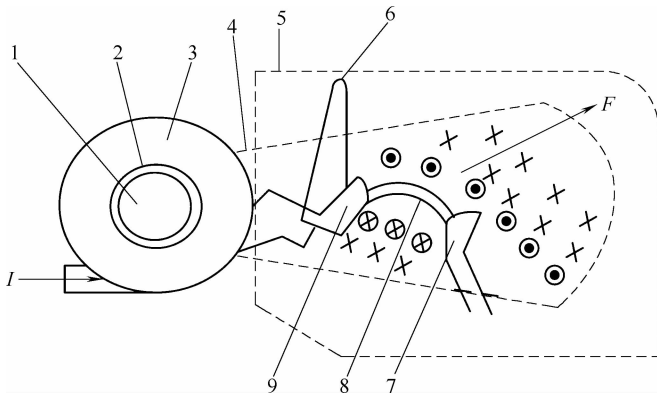


图 1-12 磁吹式灭弧

1—铁心 2—绝缘管 3—磁吹线圈 4—导磁夹板 5—灭弧罩
6—引弧角 7—动触点 8—电弧 9—静触点

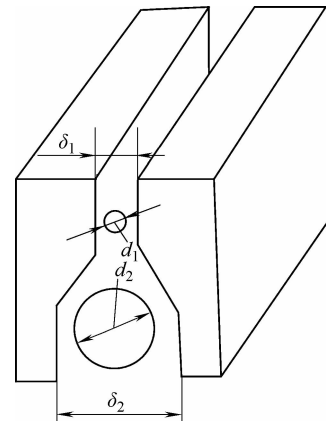


图 1-13 窄缝灭弧

断开时,电弧受到力的作用进入纵缝中,电弧被分割成若干短弧。同时,短弧的直径在纵缝中不断被压缩,使得电弧与灭弧罩纵缝紧密接触。灭弧罩通常用耐热陶土、石棉水泥或耐热塑料等材料制成。灭弧罩能冷却电弧,快速熄灭电弧。

1.3 接触器

接触器是一种能频繁地接通和断开远距离用电设备交直流主回路及其他大容量(大电流)控制回路的自动控制电器。其主要控制对象是电动机,也可以用于控制其他电力负载、电热器、电照明、电焊机与电容器组等。它具有控制量大、过载能力强、操作频繁、工作可靠、设备简单经济等特点,还具有零电压保护、欠电压释放保护等作用。因此,在电力拖动和自动控制系统中,接触器是运用最广泛的控制电器之一。但接触器不具有过电流保护功能,在线路中使用时需要与带有过电流保护功能的电器配合使用,如配合熔断器、断路器、热继电器等。

接触器按流过线圈的电流种类可分为交流接触器和直流接触器。典型产品有交流接触器 CJ 型和直流接触器 CZ 型。其中,以交流接触器 CJ 型应用更为广泛。

1. 电磁式接触器的结构和工作原理

接触器主要由电磁机构、触点系统、灭弧装置和辅助部件四部分组成。结构如图 1-14 所示。

(1) 电磁机构

电磁机构是电磁式接触器的重要组成部分,电磁机构由电磁线圈、铁心和衔铁组成。其基本原理在上一节中已介绍,在此不再累述。

交流接触器铁心的磁通是交变的,磁通穿过铁心后会产生涡流和磁滞损耗,使铁心发热。当电源频率变化时,磁通过零,电磁吸力为零,衔铁会产生强烈的振动和噪声,使铁心松散,所以铁心和衔铁采用硅钢片叠成,减小涡流和磁滞损耗带来的能量损耗。短而粗圆筒状线圈缠绕在骨架上,有利于散热。在铁心的端面上安装一个铜制的短路环,解决衔铁振动的问题。

直流接触器穿过铁心的磁通是不变的,不会产生涡流和磁滞损耗,铁心不会发热。铁心可以采用整块软钢制成。线圈绕成长而薄的圆筒状,无线圈骨架,线圈接触铁心散热。当电流大于 250A 时,直流接触器采用串联双绕组线圈。

(2) 触点系统

触点是接触器的执行部分,包括主触点和辅助触点,如图 1-15 所示。主触点的作用是接通和分断主回路,控制较大的电流,一般三对为常开触点,而辅助触点通断较小电路的控制,在控制回路中起联锁作用,辅助触点没有灭弧装置。辅助触点一般有常开、常闭触点各两对成对构成。当线圈通电后,衔铁受到铁心的吸引力,克服复位弹簧的反力,带动主触点由常开状态到闭合,而辅助触点中常闭触点先断开,然后常开触点闭合,辅助触点是联动

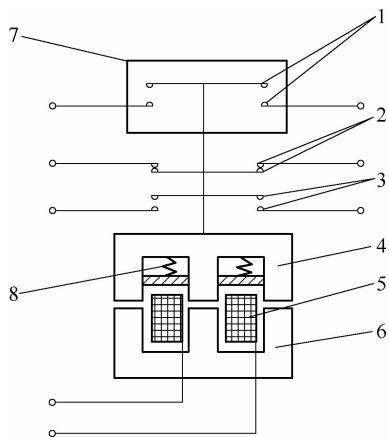


图 1-14 电磁式接触器结构示意图

- 1—主触点 2—常闭辅助触点
- 3—常开辅助触点 4—动铁心
- 5—线圈 6—静铁心
- 7—灭弧罩 8—弹簧

的。当线圈中的电压降低时，磁通减小，衔铁受到的吸引力小于复位弹簧反力时，主触点断开，辅助触点中常开触点恢复断开状态，常闭触点闭合，整个触点恢复到最初状态。

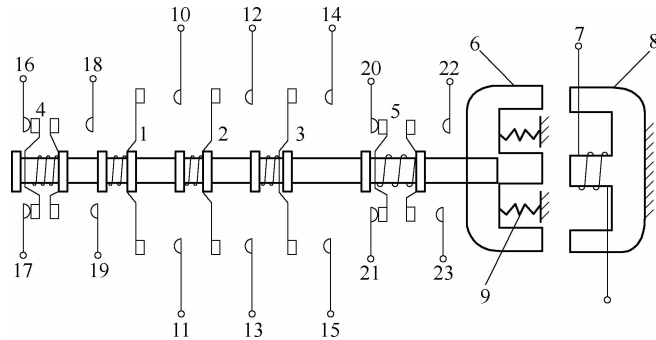


图 1-15 接触器触点系统

1、2、3—主触点 4、5—辅助触点 6—衔铁 7—线圈 8—铁心 9—复位弹簧
10、11、12、13、14、15—主触点常开触点 16、17、20、21—辅助触点常闭触点
18、19、22、23—辅助触点常开触点

(3) 灭弧装置

直流接触器和电流在 20A 以上的交流接触器均装有灭弧装置。直流电弧要比交流电弧难熄灭，直流接触器常采用磁吹式灭弧装置，而交流接触器采用灭弧罩或栅片灭弧。直流接触器与交流接触器不能任意互换使用，否则会因灭弧困难发生故障，造成事故。

(4) 辅助部件

辅助部件包括缓冲弹簧、垫毡、底座等部件。

(5) 电气图中的图形符号和文字符号

如图 1-16 所示。

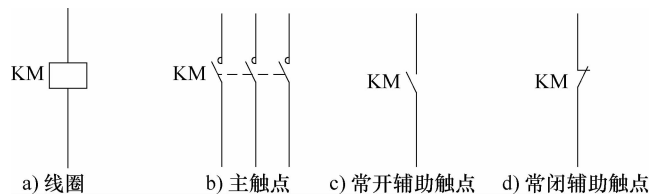


图 1-16 接触器的图形符号和文字符号

2. 典型产品及主要技术参数

(1) 典型产品

电磁式交流接触器是应用最广泛，产品系列和种类最多的接触器。典型的产品有 CJ20、CJ21、CJ26、CJ29、CJ35、CJ40、LC1-D、B、3TB、3TF 等系列。其中，LC1-D 是法国 TE 公司的产品；B 系列是 ABB 公司的产品；3TB、3TF 是德国西门子的产品。直流接触器有 CZ0、CZ18、CZ21、CZ22 等系列产品。交流接触器尤以 CJ 型应用更加广泛。例如，CJ20 系列交流接触器（以下简称接触器），主要用于交流 50Hz（或 60Hz），额定工作电压至 660V，额定工作电流至 630A 的电路中，供远距离接通和分断电路之用，并可与适合的热过

载继电器组合，以保护可能发生操作过负载的电路。接触器型号如图 1-17 所示。

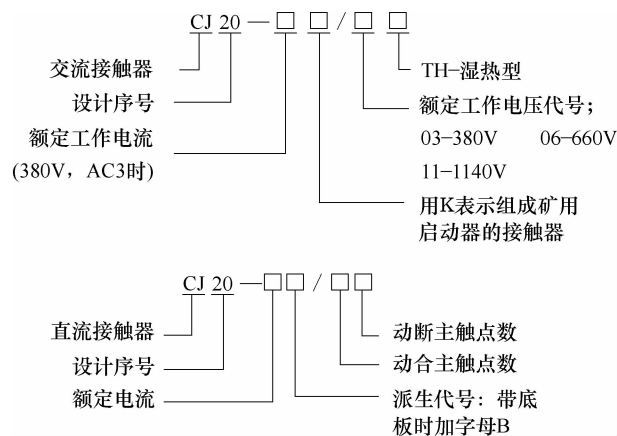


图 1-17 接触器型号

(2) 主要技术参数

接触器的主要技术参数有极数和电流种类、额定电压、额定电流、吸引线圈额定电压、接通和分断能力、允许操作频率、使用类别及机械寿命和电气寿命，见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 CJ20 系列交流接触器主要技术参数

| 型号 | 辅助触点 额定电流/A | 吸引线圈 额定电压/V | 主触点额 定电流/A | 主触点额 定电压/A | 可控电动机 最大功率/kW | 机/电寿命/万次 操作频数/(次/h) |
|----------|----------------|----------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------------|
| CJ20-10 | 5 | 交流 36, 127, 220, 380 | 10 | 380/220 | 4/2.2 | 1000/100 1200 |
| CJ20-15 | | | 16 | | 7.5/4.5 | |
| CJ20-25 | | | 25 | | 11/5.5 | |
| CJ20-40 | | | 40 | | 22/11 | 600/120 1200 |
| CJ20-63 | | | 63 | | 30/18 | |
| CJ20-100 | | | 100 | | 50/28 | |
| CJ20-160 | | | 160 | | 85/48 | |
| CJ20-250 | | | 250 | | 132/80 | 300/60 |
| CJ20-400 | | | 600 | | 220/115 | 600 |

表 1-3 CZ0 系列直流接触器主要技术参数

| 型号 | 额定 电压 /V | 额定 电流/ A | 额定操 作频率 /(次/h) | 主触点极数 | | 最大分 断电流 /A | 辅助触点形 式及数目 | | 吸引线 圈功率/W |
|------------|----------------|----------------|----------------------|-------|----|------------------|---------------|----|--------------|
| | | | | 常开 | 常闭 | | 常开 | 常闭 | |
| CZ0-40/20 | 440 | 40 | 1200 | 2 | — | 160 | 2 | 2 | 22 |
| CZ0-40/02 | | 40 | 600 | — | 2 | 100 | 2 | 2 | 24 |
| CZ0-100/10 | | 100 | 1200 | 1 | — | 100 | 2 | 2 | 24 |
| CZ0-100/01 | | 100 | 600 | — | 1 | 250 | 2 | 1 | 24 |
| CZ0-100/20 | | 100 | 1200 | 2 | — | 400 | 2 | 2 | 30 |