



普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

DIANQI
XINXILEI

电器与可编程控制器 应用技术

第3版

- 广东工业大学
- 邓则名 程良伦 谢光汉 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费
电子课件

普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

电器与可编程控制器应用技术

第3版

广东工业大学 邓则名 程良伦 谢光汉 编

机械工业出版社

本书从便于教学和工程应用出发,较系统地介绍了常用低压电器、电器控制电路基本环节及设计方法、典型生产机械电气控制系统,可编程序控制器的基本结构、工作原理, F₁ 系列和 C 系列 (P 型) PLC 指令系统、编程方法, F₁-20P 简易编程器, PLC 控制系统的设计、应用实例, 西门子 S7 系列 PLC, S7-200 PLC 指令系统, PLC 网络控制及其应用实例, STEP 7 开发环境与组态软件, 并有适量的习题, 附有罗克韦尔 PLC 实验操作简介, 还配有实用的电子课件。

本书注重实用, 联系实际, 深入浅出, 便于教学。本书可作为各类高等院校本科自动化、电气工程及其自动化及相近专业《电气自动控制设备》、《电器与可编程序控制器》或类似课程的教材, 也可作为各类院校专科层次相关专业类似课程的参考教材, 并可作为电子与计算机技术、电气与自动化技术工程技术人员的参考书。

本书配有电子课件, 欢迎选用本件教材的老师索取。

索取邮箱 EdmondYan@sina.com

EdmondYan@hotmail.com

图书在版编目 (CIP) 数据

电器与可编程控制器应用技术/邓则名, 程良伦, 谢光汉编. —3 版.
—北京: 机械工业出版社, 2008. 5

普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-05285-2

I. 电… II. ①邓…②程…③谢… III. ①电气控制器-高等学校-教材
②可编程序控制器-高等学校-教材 IV. TM571.2 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 039151 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 贡克勤 版式设计: 霍永明 责任校对: 张晓蓉

封面设计: 张 静 责任印制: 杨 曦

北京瑞德印刷有限公司印刷 (胜利装订厂装订)

2008 年 10 月第 3 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·17.75 印张·437 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-05285-2

定价: 30.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379727

封面无防伪标均为盗版

前 言

《电器与可编程控制器应用技术》自1997年第1版、2002年第2版出版发行以来，承蒙各高等学校师生、电气自动化工程技术人员和广大读者的喜爱和支持，至2008年1月第2版已进行了第11次印刷，第1版和第2版累计已发行近8万册。借此机会，编者对各单位和读者表示衷心的感谢并致以崇高的敬意！

根据同行专家提出的宝贵意见，结合我国各地和各院校选用各种不同类型可编程序控制器的实际情况，在总结教学经验的基础上，对第2版教材进行了必要的删改和补充。

在修订中，在保留原教材的结构、特点和风格的基础上，对第2版教材内容进行了必要的删改与补充。删去的主要内容有：第一篇中低电压电器的产品型号、电器控制电路的经验设计法的设计例子和桥式起重机的电气控制；部分应用实例（主要是电动机常用控制电路改为PLC控制的例子）；F₁系列PLC的一些内容等。同时新增加的主要内容有：第一篇中的电子继电器；第二篇中较大幅度地扩充德国西门子S7-200系列可编程序控制器的内容；西门子S7系列PLC应用实例；STEP 7开发环境与组态软件及其他一些内容。保留并进一步精简优化原教材中F₁系列可编程序控制器的内容，并自成体系。第十三章的应用实例，全部程序均在F₁系列PLC上运行通过，在此基础上改成其他PLC控制亦不难。现在各个院校理论教学学时普遍减少，因此，建议授课时主要选讲其中一种可编程序控制器的内容，其他类型可编程序控制器的内容可进行简要介绍，同学们便可举一反三地自学，而且会很快掌握。

修订后的本教材共十三章。经邝穗芳老师同意，第一~三章由谢光汉副教授在邝穗芳讲师编写的第2版的基础上修订，前言、第四~八章和第十二、十三章以及第二篇习题由邓则名教授编写，第九~十一章由程良伦教授编写，附录罗克韦尔PLC实验操作简介由李秀华高级实验师编写。邓则名教授对全书负责统编。

本教材第一篇和第二篇中的第四~八章、第十二、十三章的电子课件由张慧讲师制作，邓则名、谢光汉等提出许多建设性意见。第九~十一章的电子课件由程良伦教授制作。

本教材可作为各类高等院校自动化专业、电气工程及其自动化或相近专业本科《电气自动控制设备》、《电器与可编程序控制器》和类似课程的教材，也可作为各类院校专科层次的参考教材，还可供电子技术、计算机技术、电气技术和自动化技术等工程技术人员参考。

在修订本教材过程中，得到广东工业大学教务处、自动化学院和王钦若教授、陈玮副教授等教师以及其他同志的有力支持和帮助。沈起奋副教授对第一~八章、第十二和十三章内容和第一篇与第二篇习题，进行了认真的审校；梁慧冰教授对第二篇第九~十一章内容进行了精心的审校，两位教授都提出很多宝贵的意见和建议。高军礼、李秀华、杨钧、张慧、何小敏、王春茹等教师对本教材的编写也提出不少有益的意见。胡晓文、卢旭、江伟欢、黎大鹏、臧彦升、黄超灵和陈国健等研究生也帮助编者做了许多具体工作。编者在此对所有的这些单位和个人以及教材中所列参考文献的作者一并表示衷心的感谢！

由于编者能力有限，错误和不当之处在所难免，敬请读者批评指教。

目 录

前言

第一篇 电器控制技术 1

第一章 常用低压控制电器 1

第一节 概述 1

第二节 接触器 3

第三节 继电器 13

第四节 熔断器 24

第五节 低压开关与低压断路器 29

第六节 主令电器 35

第七节 电子继电器 38

第二章 电器控制电路的基本原则 和基本环节 43

第一节 电器控制电路图的绘制 43

第二节 三相异步电动机的起动控制 50

第三节 三相异步电动机的正反
转控制 58

第四节 三相异步电动机的调速控制 59

第五节 三相异步电动机的制动控制 63

第六节 其他典型控制环节 66

第七节 电器控制电路的设计方法 68

第三章 生产机械的电气控制 77

第一节 卧式车床的电气控制 77

第二节 平面磨床的电气控制 79

第三节 摇臂钻床的电气控制 81

第四节 铣床的电气控制 83

第一篇习题 87

第二篇 可编程序控制器 (PLC) 应用技术 89

第四章 可编程序控制器的概论 与基本工作原理 89

第一节 PLC 的概论 89

第二节 PLC 的基本结构与工作原理 92

第三节 PLC 的性能指标及分类 94

第四节 PLC 与其他工业控制
系统的比较 96

第五章 F₁ 系列 PLC 的内部继电器 98

第一节 F₁ 系列 PLC 的型号单元和
输入输出方式 98

第二节 F₁ 系列 PLC 的内部继电器 100

第六章 F₁ 系列 PLC 的基本指令 及编程方法 105

第一节 PLC 的常用编程语言 105

第二节 F₁ 系列 PLC 的基本指令
及编程方法 106

第三节 编程的基本规则与技巧 114

第七章 F₁ 系列 PLC 步进与功能指令 及编程方法 117

第一节 步进指令 STL/RET 及
编程方法 117

第二节 多流程步进控制的
处理方法 119

第三节 F₁ 系列 PLC 功能指令及
编程方法 123

第四节 F₁-20P 简易编程器简介 135

第八章 欧姆龙小型可编程序 控制器 139

第一节 C 系列 P 型 PLC 的概述与
内部器件 139

第二节 C 系列 P 型 PLC 的基本指
令及编程方法 143

第三节 C 系列 P 型 PLC 的常用功
能指令及编程方法 146

第九章 西门子 S7 系列 PLC 155

第一节 西门子 S7 系列 PLC 简介 156

第二节 西门子 S7-200 PLC 指令
系统 157

第三节 西门子 S7-200 PLC 指令

系统应用	180	第十二章 PLC 控制系统的设计	233
第十章 PLC 的网络控制	196	第一节 PLC 控制系统设计概述	233
第一节 工业以太网	196	第二节 扩展设定计数值和定时	
第二节 PROFIBUS 现场总线	199	值范围的方法	235
第三节 过程或现场级通信 AS-I		第三节 输入输出点数简化的方法	237
接口	201	第四节 F ₁ /F ₂ 系列 PLC 与 EEPROM	
第四节 MPI 网络	202	之间程序的传送与比较	240
第五节 PPI 网络	203	第五节 提高 PLC 控制系统	
第六节 基于 PC 的自动化网络系统 ..	204	可靠性措施与运行维护	241
第七节 PLC 控制网络应用实例	205	第十三章 可编程序控制器的	
第十一章 STEP 7 开发环境与		应用实例	244
组态软件	215	第二篇习题	264
第一节 STEP 7 编程软件系统	215	附录 罗克韦尔 PLC 实验操作简介 ..	271
第二节 组态软件简介	221	参考文献	277

第一篇 电器控制技术

第一章 常用低压控制电器

第一节 概 述

随着科技进步与经济发展，电能的应用越来越广泛，电器对电能的生产、输送、分配与应用起着控制、调节、检测和保护的作用。在电力输配电系统和电力拖动自动控制系统中电器的应用极为广泛。

随着电子技术、自控技术和计算机应用的迅猛发展，某些电器元件可能被电子线路所取代，但是由于电器元件本身也朝着新的领域扩展（表现在提高元件的性能、生产新型的元件，实现机、电、仪一体化，扩展元件的应用范围等），且有些电器元件有其特殊性，许多电器元件仍被广泛的使用着。

本书介绍的低压控制电器元件，多数由专业化的元件制造厂家生产，就自动化专业的技术人员来说，主要是能正确地选用电器元件，因此本书不涉及元件的设计和制造，而着重于应用。

一、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的电工器具。

电器的功能多，用途广，品种规格繁多，为了系统地掌握，必须加以分类。

（一）按工作电压等级分

1. 高压电器 用于交流电压 1200V、直流电压 1500V 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 50Hz（或 60Hz）额定电压 1200V 以下、直流额定电压 1500V 以下的电路内起通断、保护、控制或调节作用的电器，例如接触器、继电器等。

（二）按动作原理分

1. 手动电器 人手操作发出动作指令的电器，例如刀开关、按钮等。

2. 自动电器 产生电磁吸力而自动完成动作指令的电器，例如接触器、继电器、电磁阀等。

（三）按用途分

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、电动机起动器等。

2. 配电电器 用于电能的输送和分配的电器，例如高压断路器。

3. 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、转换开关等。
4. 保护电器 用于保护电路及用电设备的电器，例如熔断器、热继电器等。
5. 执行电器 用于完成某种动作或传送功能的电器，例如电磁铁、电磁离合器等。

对于某个电器而言，有些可能具有几种功能。

二、电力拖动自动控制系统中常用的低压控制电器

接触器：交流接触器，直流接触器。

继电器：电磁式继电器：电压继电器，电流继电器，中间继电器。

时间继电器：直流电磁式，空气阻尼式，半导体式。

其他继电器：热继电器，干簧继电器，速度继电器。

熔断器：瓷插式，螺旋式，有填料封闭管式，无填料密闭管式，快速熔断器，自复式。

低压断路器：框架式，塑料外壳式，快速直流断路器，限流式，漏电保护器。

位置开关：直动式，滚动式，微动式。

按钮、刀开关等。

三、我国低压控制电器的发展概况

低压电器是组成电气成套设备的基础配套元件。低压电器使用量大面广，可分为低压配电电器和低压控制电器。

由发电厂生产的电能，80%以上是以低压电形式付诸使用，每生产1万kW的发电设备，需生产4万件各种低压电器元件与之配套使用。一套1700mm连轧机的电气设备中需使用成千品种、规格的上万件低压电器元件。

从刀开关、熔断器等最简单的低压电器，到多种规格的低压断路器、接触器、继电器以及由它们组成的成套电气控制设备都随着国民经济的发展而发展。

解放前，我国的低压电器工业基本上是一片空白，解放后，从1953年到1957年试制成功低压断路器、接触器等12大类，几百种产品，20世纪60年代大功率半导体器件与有触点电器相互结合协调发展。

目前我国低压电器产品约600多个系列，市场销售的产品可谓“三代同堂”。第一代产品：20世纪60~70年代初，仅有17个系列，自行开发，填补我国低压电器工业空白；第二代产品：20世纪70~80年代初，产品进入更新换代的时期，分自行开发、技术引进、达标攻关三条线进行，开发新产品技术指标明显提高，保护特性较完善，体积缩小，适应成套装置要求；第三代产品：20世纪90年代，抓住主要产品系列，跟踪国外先进技术，开发生产高性能、小型化、电子化、智能化、组合化、模块化、多功能化产品。

至今，我国低压电器经过50多年发展，目前已形成比较完善的体系，品种、规格、性能、产量上都基本满足我国国民经济的发展需要。同时先进技术的引进，加快了新产品问世，从德国BBC公司、AEG公司和美国西屋公司引进的ME系列低压断路器、B系列交流接触器、T系列热继电器、NT和NGT系列熔断器等产品制造技术，基本上实现了国产化，有的产品还远销到国外。我国开发生产的大容量智能化的“万能式断路器”，DW45系列分别有智能型、多功能型和一般型。CJ45系列交流接触器，电流等级分别有9~800A、12~14个规格，采用积木式模块化结构。模块包括辅助触点、延时、机械联锁、过电压保护、节能、通信接口等。智能型电子式继电器带有通信接口，并能与第三代交流接触器组合成智能型起动机。

进入 21 世纪, 以及随着我国加入 “WTO”, 我国的低压电器如何适应新形势, 如何跟上发达国家的先进水平, 如何更好地满足我国现代化发展的需要, 这是一个重大的课题。新世纪发展指导思想, 应考虑我国低压电器现状、国外新技术发展趋势以及面临的市场需要的形势。外国产品大量进入中国电器市场, 带来一定的冲击。目前外国产品占领我国高档产品市场达 80% 以上, 并向中档市场渗透。随着我国加入 “WTO”, 更进一步促进外国产品的进入。所以, 我们必须加速我国第三代、第四代高性能产品开发, 尽快完善产品系列, 加大我国产品的推广力度, 明显提高产品可靠性和外观质量。具体体现在提高电器元件的性能, 大力发展机电一体化产品。研制开发智能化电器、电动机综合保护电器、有触点和无触点的混合式电器、模块化终端组合电器和节能电器。模块化终端组合电器是一种安装终端电器的装置, 主要特点是实现了电器尺寸模块化、安装轨道化、外形艺术化和使用安全化, 是理想的新一代配电装置。过程控制、生产自动化、配电系统及智能化楼宇等场合采用现场总线技术, 对低压电器提出了可通信的要求。现场总线技术的发展与应用将从根本上改变传统的低压配电与控制系统及其装置, 给传统低压电器带来革命性的变化。发展智能化可通信低压电器势在必行, 其特征是: ①产品中装有微处理器; ②产品带有通信接口, 能与现场总线连接; ③采用标准化结构, 具有互换性, 采用模块化结构; ④保护功能齐全, 具有外部故障记录显示、参数测量显示、内部故障自诊断、进行双向通信等。

今后, 通过深化改革和国民经济的发展, 我国的电器工业将会大大缩短与世界先进国家的差距, 发展到更高的水平, 以满足国内外市场的需要。

第二节 接 触 器

接触器是电力拖动和自动控制系统中使用量大面广的一种低压控制电器, 用来频繁地接通和分断交直流主回路和大容量控制电路。主要控制对象是电动机, 能实现远距离控制, 并具有欠(零)电压保护功能。

一、结构和工作原理

接触器主要由电磁系统、触头系统和灭弧装置组成, 结构简图如图 1-1 所示。

(一) 电磁系统

电磁系统包括动铁心(衔铁)、静铁心和电磁线圈三部分, 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。

1) 电磁系统的结构形式根据铁心形状和衔铁运动方式, 可分为三种: 衔铁绕棱角转动拍合式、衔铁绕轴转动拍合式、衔铁直线运动螺管式, 如图 1-2 所示。

图 1-2a 中, 衔铁绕磁轭的棱角而转动, 磨损较小, 铁心用软铁做成。适用于直流接触器; 图 1-2b 中, 衔铁绕轴转动, 铁心用硅钢片叠成, 适用于交流接触器; 图 1-2c 中, 衔铁在线圈内作直线运动, 用于交流接触器。

2) 电磁系统按铁心形状分为 U 形(见图 1-2a) 和 E 形(见图 1-2b 和 c)。

3) 电磁系统按电磁线圈的种类可分为直流线圈和交流线圈两种。

电磁系统的工作情况常用吸力特性和反力特性来表示。

1. 吸力特性 电磁系统的电磁吸力与气隙的关系曲线称为吸力特性。吸力特性随励磁电

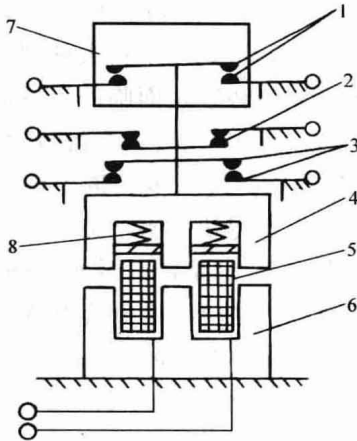


图 1-1 接触器结构简图

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

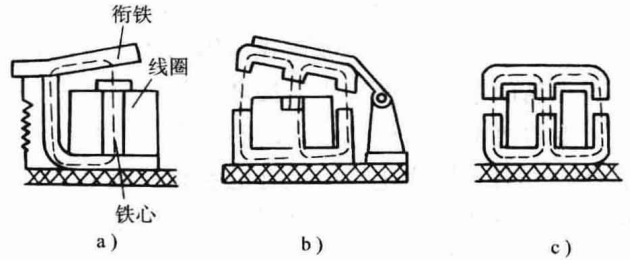


图 1-2 接触器电磁系统的结构图

- a) 衔铁绕棱角转动拍合式 b) 衔铁绕轴转动拍合式
c) 衔铁直线运动螺管式

流的种类（交流或直流），励磁线圈的连接方式（并联或串联）不同而不同，电磁吸力可近似地按下式求得

$$F = 4 \times 10^5 B^2 S$$

式中， F 为电磁吸力； B 为气隙磁感应强度； S 为铁心截面积。

当铁心截面积 S 为常数时，电磁吸力 F 与 B^2 成正比，也可认为 F 与气隙磁通 Φ^2 成正比，即 $F \propto \Phi^2$ 。励磁电流的种类对吸力特性有很大影响，所以下面对交、直流电磁机构的吸力特性分别讨论：

(1) 交流电磁机构的吸力特性 设线圈外加电压 U 不变，交流电磁线圈的阻抗主要决定于线圈的电抗，电阻忽略不计。

$$U \approx E = 4.44 f \Phi N, \text{ 或 } \Phi = \frac{U}{4.44 f N}$$

式中， U 为线圈外加电压； E 为线圈感应电动势； f 为电压频率； Φ 为气隙磁通； N 为电磁线圈的匝数。

当电压频率 f 、电磁线圈的匝数 N 和线圈外加电压 U 为常数时，气隙磁通 Φ 也为常数，则电磁吸力也为常数，即 F 与气隙 δ 大小无关。实际上，考虑到漏磁通的影响，电磁吸力 F 随气隙 δ 的减少略有增加。交流电磁机构的吸力特性如图 1-3 所示。由于交流电磁机构的气隙磁通 Φ 不变， IN 随气隙磁阻（也即随气隙 δ ）的变化成正比变化，所以交流电磁线圈的电流 I 与气隙 δ 成正比变化。

(2) 直流电磁机构的吸力特性 因线圈外加电压 U 和线圈电阻不变，流过线圈的电流 I 也为常数，即不受气隙 δ 变化的影响，根据磁路定律 $\Phi = IN/R_m \propto 1/R_m$ ，式中， R_m 为气隙磁阻， $F \propto \Phi^2 \propto 1/R_m^2 \propto 1/\delta^2$ ，即电磁吸力 F 与气隙 δ 的平方成反比。直流电磁机构的吸力特性如图 1-4 所示。

在一些要求可靠性较高或操作频繁的场合，一般不采用交流电磁机构而采用直流电磁机构，这是因为一般 U 形铁心的交流电磁机构的励磁线圈通电而衔铁尚未吸合的瞬间，电流将

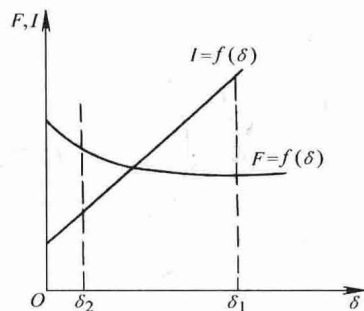


图 1-3 交流电磁机构的吸力特性

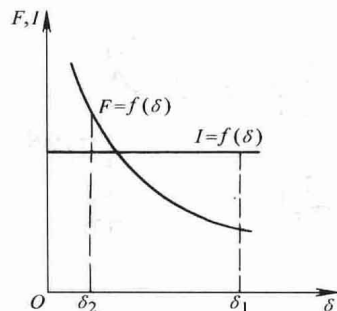


图 1-4 直流电磁机构的吸力特性

达到衔铁吸合后额定电流的 5~6 倍；E 形铁心电磁机构则达到额定电流的 10~15 倍。如果衔铁卡住不能吸合或者频繁操作时，交流励磁线圈则可能被烧毁。

2. 反力特性 电磁系统的反作用力与气隙的关系曲线称为反力特性。

反作用力包括弹簧力、衔铁自身重力、摩擦阻力等。图中 1-5 中所示曲线 3 即为反力特性曲线。

图中 δ_1 为起始位置， δ_2 为动、静触头接触时的位置。在 $\delta_1 \sim \delta_2$ 区域内，反作用力随气隙减小而略有增大，到达位置 δ_2 时，动、静触头接触，这时触头的初压力作用到衔铁上，反作用骤增，曲线发生突变。在 $\delta_2 \sim 0$ 区域内，气隙越小，触头压得越紧，反作用越大，其曲线 $\delta_1 \sim \delta_2$ 比段陡。

3. 反力特性与吸力特性的配合 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，如图 1-5

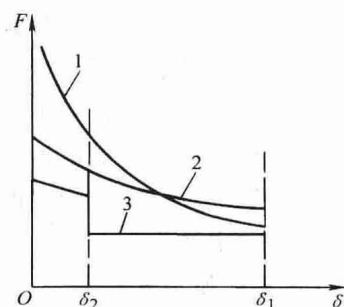


图 1-5 吸力特性和反力特性
1—直流接触器吸力特性 2—交流接触器吸力特性 3—反力特性

所示。在整个吸合过程中，吸力都必须大于反作用力，即吸力特性高于反力特性，但不能过大或过小，吸力过大时，动、静触头接触时以及衔铁与铁心接触时的冲击力也大，会使触头和衔铁发生弹跳，导致触头的熔焊或烧毁，影响电器的机械寿命；吸力过小时，会使衔铁运动速度降低，难以满足高操作频率的要求。因此，吸力特性与反力特性必须配合得当，才有助于电器性能的改善。在实际应用中，可调整反力弹簧或触头初压力以改变反力特性，使之与吸力特性有良好配合。

(二) 触头系统

触头是接触器的执行元件，用来接通或断开被控制电路。

触头的结构形式很多，按其所控制的电路可分为主触头和辅助触头。主触头用于接通或断开主电路，允许通过较大的电流；辅助触头用于接通或断开控制电路，只能通过较小的电流。

触头按其原始状态可分为常开触头和常闭触头：原始状态时（即线圈未通电）断开，线圈通电后闭合的触头叫常开触头；原始状态闭合，线圈通电后断开的触头叫常闭触头（线圈断电后所有触头复原）。

触头按其结构形式可分为桥型触头和指型触头，如图 1-6 所示。

触头按其接触形式可分为点接触、线接触和面接触三种，如图 1-7 所示。

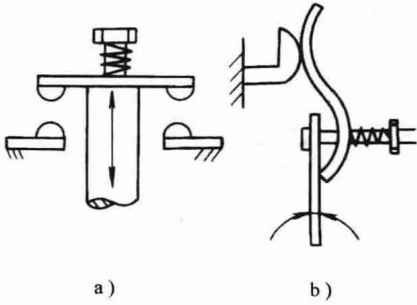


图 1-6 触头结构形式图
a) 桥型触头 b) 指型触头

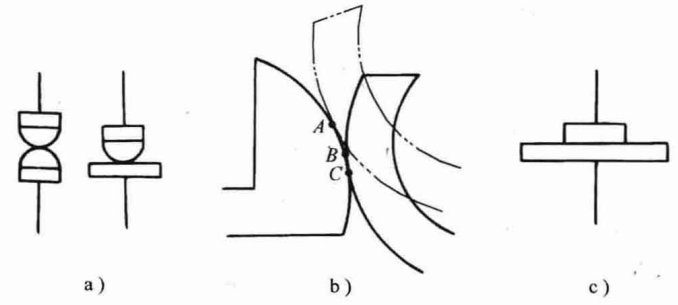


图 1-7 触头接触形式图
a) 点接触 b) 线接触 c) 面接触

图 1-7a 为点接触，它由两个半球形触点或一个半球形与一个平面形触点构成，常用于小电流的电器中，如接触器的辅助触头或继电器触点。图 1-7b 为线接触，它的接触区域是一条直线。触头的通断过程是滚动式进行的。开始接通时，静、动触头在 A 点处接触，靠弹簧压力经 B 点滚动到 C 点。断开时作相反运动。这样可以自动清除触头表面的氧化物，触头长期正常工作的位置不是在易灼烧的 A 点而是在工作点 C 点，保证了触头的良好接触。线接触多用于中容量的电器，如接触器的主触头。图 1-7c 为面接触，它允许通过较大的电流。这种触头一般在接触表面上镶有合金，以减少触头接触电阻和提高耐磨性，多用于大容量接触器的触头。

(三) 灭弧装置

当触头断开瞬间，触头间距离极小，电场强度极大，触头间产生大量的带电粒子，形成炽热的电子流，产生弧光放电现象，称为电弧。电弧的出现，既妨碍电路的正常分断，又会使触头受到严重腐蚀，为此必须采取有效的措施进行灭弧，以保证电路和电器元件工作安全可靠。要使电弧熄灭，应设法降低电弧的温度和电场强度。常用的灭弧装置有灭弧罩、灭弧栅和磁吹灭弧装置。

1. 灭弧罩 灭弧罩通常用耐弧陶土、石棉水泥或耐弧塑料制成。其作用是分隔各路电弧，以防止发生短路。另外，由于电弧与灭弧罩接触，故能使电弧迅速冷却而熄灭。灭弧罩常用于交流接触器中。

2. 灭弧栅 灭弧栅的灭弧原理如图 1-8 所示。灭弧栅片由许多镀铜薄钢片组成，片间距离为 2~3mm，安放在触点上方的灭弧罩内。一旦出现电弧，电弧周围产生磁场，电弧被导磁钢片吸入栅片内，且被栅片分割成许多串联的短弧，当交流电压过零时电弧自然熄灭，两栅片间必须有 150~250V 电压，电弧才能重燃。这样，一方面电源电压不足以维持电弧，同时由于栅片的散热作用，电弧熄灭后就很难重燃，它常用于交流接触器。

3. 磁吹灭弧装置 磁吹灭弧装置的工作原理如图 1-9 所示，在触头电路中串入一吹弧线圈，它产生的磁通通过导磁片引向触头周围；电弧所产生的磁通方向如图 1-9 所示。

可见在弧柱下吹弧线圈产生的磁通与电弧产生的磁通是相加的，而在弧柱上面的彼此抵消，因此就产生一个向上运动的力将电弧拉长并吹入灭弧罩中，熄弧角和静触头相连接，其作用是引导电弧向上运动，将热量传递给罩壁，促使电弧熄灭。由于这种灭弧装置是利用电弧电流本身灭弧的，故电弧电流越大，灭弧的能力也越强。它广泛应用于直流接触器。

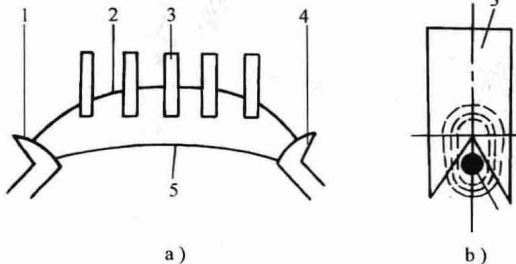


图 1-8 灭弧栅灭弧原理

- a) 栅片灭弧原理 b) 电弧进入栅片的图形
 1—静触头 2—短电弧 3—灭弧栅片
 4—动触头 5—长电弧

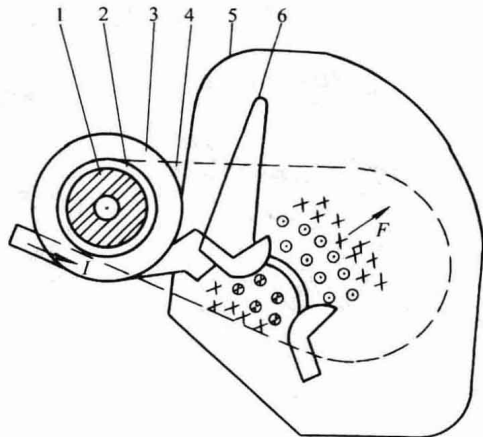


图 1-9 磁吹灭弧装置工作原理

- 1—铁心 2—绝缘管 3—吹弧线圈
 4—导磁颊片 5—灭弧罩 6—熄弧角

4. 多纵缝灭弧装置 如图 1-10 所示，多纵缝灭弧装置取消了磁吹线圈。在主触头上方装着开有纵向缝隙（缝隙下宽上窄）的灭弧装置。在静主触头上装有铁板制成的弧角，它吸引电弧向上运动，将电弧拉长并冷却。电弧进入缝隙后把热量传给灭弧罩，促使电弧熄灭。

接触器的图形符号、文字符号如图 1-11 所示。

(四) 接触器的工作原理

掌握了接触器的结构，就容易了解其工作原理。

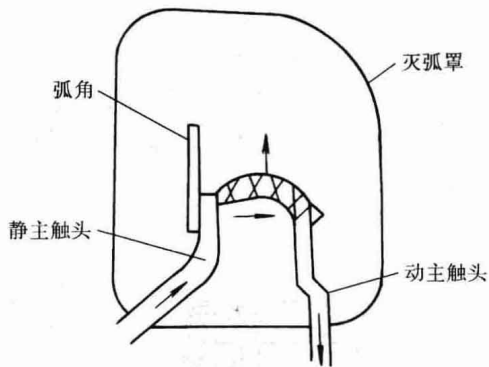


图 1-10 多纵缝灭弧装置

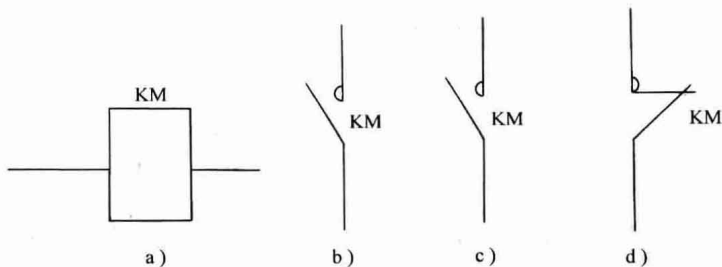


图 1-11 接触器的图形、文字符号

- a) 线圈 b) 主触头 c) 常开辅助触头 d) 常闭辅助触头

当电磁线圈通电后，线圈电流产生磁场，使静铁心产生电磁吸力吸引衔铁，并带动触头动作：常闭触头断开；常开触头闭合，两者是联动的。当线圈断电时，电磁吸力消失，衔铁在释放弹簧的作用下释放，使触头复原：常开触头断开；常闭触头闭合。

二、交流接触器

接触器按其主触头所控制主电路电流的种类可分为交流接触器和直流接触器两种。

交流接触器线圈通以交流电，主触头接通、分断交流主电路，如图 1-12 所示。

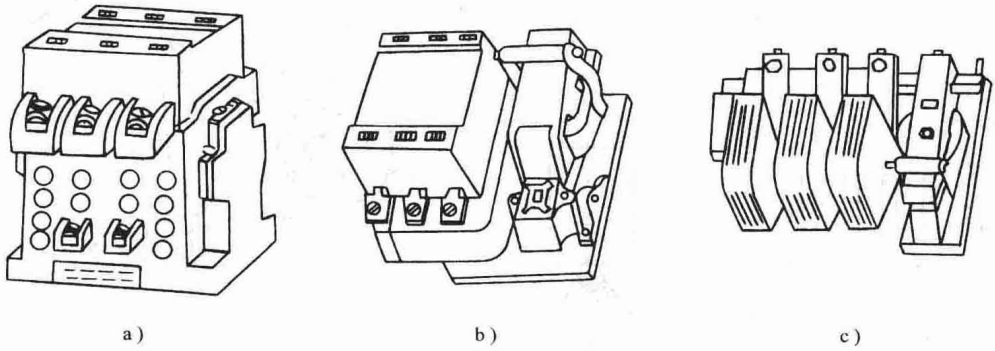


图 1-12 交流接触器

a) CJ10-40 交流接触器 b) CJ10-60 交流接触器 c) CJ12 系列交流接触器

当交变磁通穿过铁心时，将产生涡流和磁滞损耗，使铁心发热。为减少铁损，铁心用硅钢片冲压而成。为便于散热，线圈做成短而粗的圆筒状绕在骨架上。

由于交流接触器铁心的磁通是交变的，故当磁通过零时，电磁吸力也为零，吸合后的衔铁在反力弹簧的作用下将被拉开，磁通过零后电磁吸力又增大，当吸力大于反力时，衔铁又被吸合。这样，交流电源频率的变化，使衔铁产生强烈振动和噪声，甚至使铁心松散。因此交流接触器铁心端面上都安装一个铜制的短路环。短路环包围铁心端面约 $2/3$ 的面积，如图 1-13 所示。

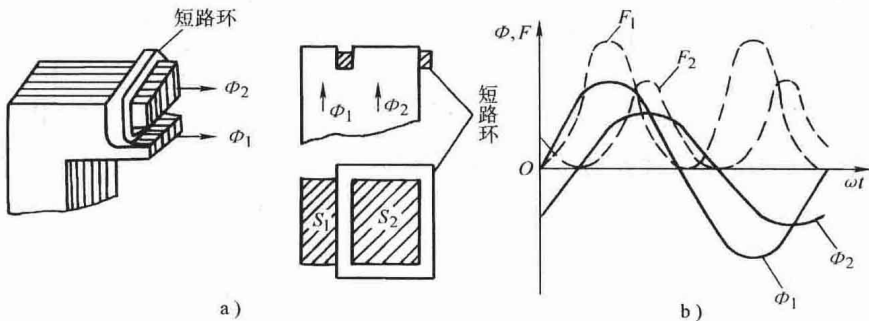


图 1-13 交流接触器铁心的短路环

a) 结构图 b) 电磁吸力图

当交变磁通穿过短路环所包围的截面积 S_2 在环中产生涡流时，根据电磁感应定律，此涡流产生的磁通 Φ_2 在相位上落后于短路环外铁心截面积 S_1 中的磁通，由 Φ_1 、 Φ_2 产生的电磁吸力为 F_1 、 F_2 ，作用在衔铁上的合成电磁吸力是 $F_1 + F_2$ ，只要此合力始终大于其反力，衔铁就不会产生振动和噪声。对于 100A 及以上的交流接触器必须采取节能措施。我国首创的接触器无声节电装置，具有节电与消除振动和噪声的优点。不同的厂家，采用的方案也不同，但通常都采用交流起动、直流保持的运行方式。图 1-14 所示为常用的一种交流接触器无声节电装置电路图。其工作过程是：按下起动按钮 SB_1 ，当电源极性瞬间为 L_1 正、 L_2 负时，电流经常闭辅助触头 KM 、限流电阻 R 、二极管 VD_1 、接触器电磁线圈构成回路。当续

流二极管 VD_2 的 M 点电位低于 N 点电位时, VD_2 导通起到电磁线圈续流的作用。当接触器通电后, 常闭辅助触头断开, VD_1 不导通, 如电源极性仍为 L_1 正、 L_2 负时, 则电流经降压电容 C 而通过电磁线圈形成回路, 同时 KM 自锁, 完成交流起动的过程而转入吸合状态。

据实验统计, 在交流接触器电磁系统消耗的有功功率中, 铁心损耗约占 70%, 短路环损耗约占 25%, 线圈铜耗仅占 5% 左右。采用直流保持后, 铁心损耗和短路损耗不存在了, 只要很小的保持电流就足以使接触器可靠地处于闭合状态。

交流接触器的灭弧装置通常采用灭弧罩和灭弧栅进行灭弧。

三、直流接触器

直流接触器线圈通以直流电流, 主触头接通、切断直流主电路, 直流接触器外形如图 1-15 所示。

直流接触器的线圈通以直流电, 铁心中不会产生涡流和磁滞损耗, 所以不会发热。为方便加工, 铁心用整块钢块制成。为使线圈散热良好, 通常将线圈绕制成长而薄的圆筒状。

对于 250A 以上的直流接触器往往采用串联双绕组线圈, 直流接触器双绕组线圈接线图, 如图 1-16 所示。图中, 线圈 1 为起动线圈, 线圈 2 为保持线圈, 接触器的一个常闭辅助触头与保持线圈并联连接。在电路刚接通瞬间, 保持线圈被常闭触头短接, 可使起动线圈获得较大的电流和吸力。当接触器动作后, 常闭触头断开, 两线圈串联通电, 由于电源电压不变, 所以电流减小, 但仍可保持衔铁吸合, 因而可以节电和延长电磁线圈的使用寿命。

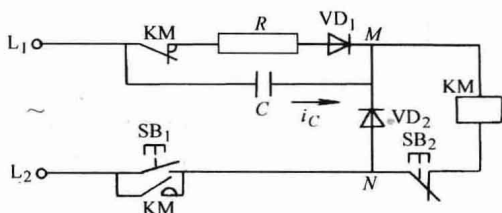


图 1-14 交流接触器无声节电装置电路

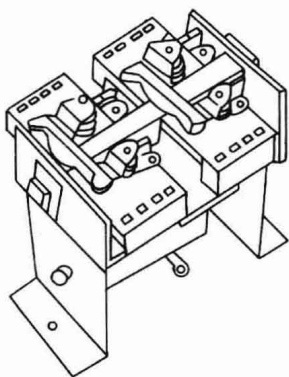


图 1-15 直流接触器外形图

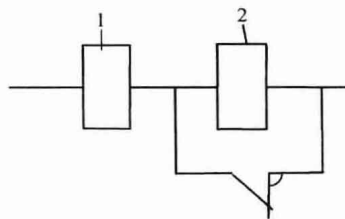
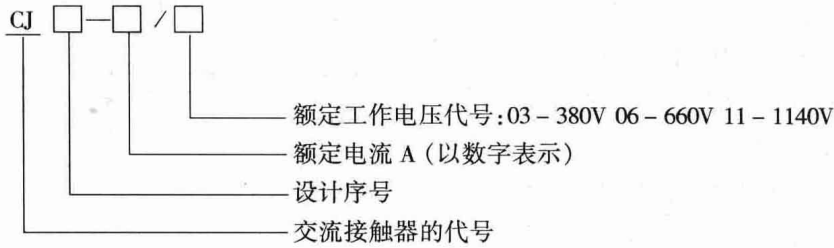


图 1-16 直流接触器双绕组线圈接线图

直流接触器灭弧较困难, 一般采用灭弧能力较强的磁吹灭弧装置。

四、接触器的主要技术数据和选用原则

(一) 接触器的型号及代表意义



常用的 CJ20 系列交流接触器技术数据如表 1-1 所示。

常用的 CZ18 系列直流接触器技术数据如表 1-2 所示。

近年来我国由德国引进了西门子公司 3TB 型系列、BBC 公司的 B 型系列等交流接触器。

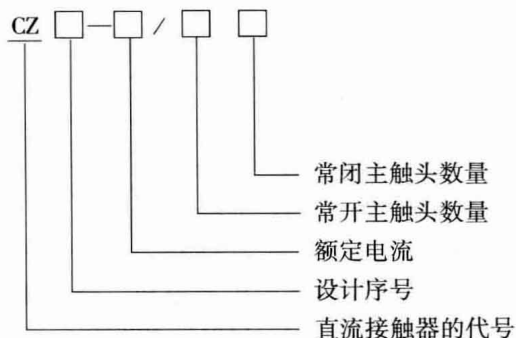
3TB 型产品结构紧凑、寿命长、技术经济指标优越、外形尺寸小、安装方便、符合 VDE、IEC 标准要求。3TB 型交流接触器技术数据如表 1-3 所示。

表 1-1 常用的 CJ20 系列交流接触器技术数据

型号	约定发热电流/A	额定工作电压/V	额定工作电流/A	外形尺寸 (宽/mm×高/mm ×深/mm)	安装尺寸/mm (孔数-孔径 孔宽、孔高)	结构特征	机/电寿命 (万次) (操作频率) (次/h)
CJ20-10	10	220	10	44.5×67.5×107 $F \geq 10^{\text{D}}$	4- $\phi 5^{+0.3}$	辅助触头 10A, 2 接通、2 分断 螺钉安装	1000/100 1200
		380	10		35±0.31		
		660	5.8		55±0.37		
CJ20-16	16	220	16	44.5×73×116.5 $F \geq 10$	4- $\phi 5^{+0.3}$		
		380	16		35±0.31		
		660	13		60±0.37		
CJ20-25	32	220	25	52.5×90.5×122 $F \geq 10$	4- $\phi 5^{+0.3}$		
		380	25		40±0.195		
		660	16		80±0.37		
CJ20-40	55	220	40	86.5×111.5×118 $F \geq 30$	4- $\phi 5^{+0.3}$		
		380	40		70±0.37		
		660	25		80±0.37		
CJ20-63	80	220	63	116×142×146 $F \geq 60$	4- $\phi 5.8^{+0.3}$	600/120 1200	
		380	63		100±0.4		
		660	40		90±0.4		
CJ20-100	125	220	100	120×145×150 $F \geq 70$	4- $\phi 7^{+0.58}$		
		380	100		108±0.435		
		660	63		92±0.435		

(续)

型号	约定发热电流/A	额定工作电压/V	额定工作电流/A	外形尺寸 (宽/mm×高/mm ×深/mm)	安装尺寸/mm (孔数-孔径 孔宽、孔高)	结构特征	机/电寿命 (万次) (操作频率) (次/h)
CJ20-160	200	220	160	146×187×178 $F \geq 80$	4- $\phi 9^{+0.58}$ 130±0.5 130±0.5	辅助触头 10A, 2 接 通、2 分断 螺钉安装	600/120 1200
		380	160				
		660	100				
CJ20-160/11		1140	80	146×197×190			
CJ20-250	315	220	250	190×235×230 $F \geq 100$	4- $\phi 9^{+0.58}$ 160±0.5 150±0.5		
		380	250				
		660	200				
CJ20-250/06		660	200				
CJ20-400	400	220	400	245×294×262 $F \geq 110$	4- $\phi 9^{+0.58}$ 210±0.5 180±0.5	辅助触头 16A, 其组 合形式为 42、33、24 螺钉安装	300/60 600
		380	400				
		660	250				
CJ20-400/06		660	250				
CJ20-630	630	220	630	245×294×272 $F \geq 120$	4- $\phi 11^{+0.7}$ 210±0.575		
		380	630				
CJ20-630/06		660	400				
CJ20-630/11	400	220	630	245×294×287 $F \geq 120$	4- $\phi 11^{+0.7}$ 210±0.575 180±0.5		300/12 120
		1140	400				

① 表中 F 为飞弧距离 (前方)。

(二) 接触器选用原则

1. 额定电压 接触器的额定电压是指主触头的额定电压, 应等于负载的额定电压。通常电压等级分为交流接触器 380V、660V 及 1140V; 直流接触器 220V、440V、660V。

2. 额定电流 接触器的额定电流是指主触头的额定电流, 应等于或稍大于负载的额定电流 (按接触器设计时规定的使用类别来确定)。CJ20 系列交流接触器额定电流等级有 10A、16A、32A、55A、80A、125A、200A、315A、400A、630A。CZ18 系列直流接触器额定电流等级有 40A、80A、160A、315A、630A、1000A。