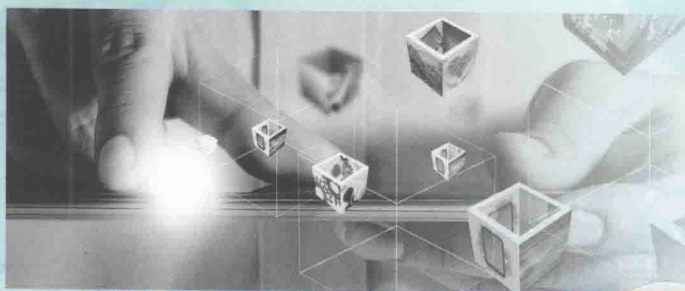


普通高等教育“十三五”规划教材

电器与可编程控制器 应用技术

第4版

- 广东工业大学
- 邓则名 谢光汉 高军礼 张慧 编



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

电器与可编程控制器应用技术

第 4 版

广东工业大学 邓则名 谢光汉 高军礼 张 慧 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、电器控制的基本电路及设计方法、普通机床的电气控制系统,可编程序控制器的基本结构、工作原理,日本三菱 FX3U 系列 PLC、德国西门子 S7-200 系列 PLC 和日本三菱 F1 系列 PLC 的内部继电器、指令系统、编程方法及注意事项,FX3U 程序设计与触摸屏人机界面设计,STEP7 开发环境与组态软件,PLC 控制系统的设计,应用实例(全部程序已上机通过),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,特别是在课件中还附有习题参考答案。

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,还可供电子与计算机技术、信息技术、电气与自动化技术工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电器与可编程控制器应用技术/邓则名等编. —4
版. —北京:机械工业出版社,2015.12
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-111-52103-7

I. ①电… II. ①邓… 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. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 268210 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:贡克勤 责任编辑:贡克勤 于苏华
版式设计:霍永明 责任校对:陈秀丽
责任印制:乔宇
北京京丰印刷厂印刷
2016 年 1 月第 4 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·17.5 印张·432 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-52103-7
定价:37.00 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

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

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、2008年第3版出版发行以来，承蒙全国各高等院校师生、电气与自动化工程技术人员和广大读者的喜爱和支持，第1版~3版自出版以来已累计发行10万多册。本教材第2版曾被机械工业出版社评为畅销图书、并获得机械工业出版社科技进步奖，还荣获广东省高等教育省级教学成果奖。借此机会，编者对各单位和广大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，在认真总结教学经验的基础上，主动适应学科和技术发展的趋势，并结合我国各地区、各院校选用不同厂家生产的各种不同类型的可编程序控制器的实际情况，对第3版进行了较大规模的修订。修订时力求更好地结合实际，注重实用，便于教学。

这次修订，在保留原有教材结构、特点和风格的基础上，对第3版教材的内容进行了必要的删改和补充。删去的主要内容有：电气控制电路的逻辑设计法，欧姆龙小型可编程序控制器，F1系列PLC部分内容，PLC的网络控制等。同时新增加的主要内容有：较新的三菱FX3U系列的PLC，FX3U程序设计与触摸屏程序设计，MCGS组态软件，西门子S7-200系列PLC指令的用法及较多的编程例子，S7-200 PLC指令系统新的应用实例。进一步精简优化F1系列PLC的内容。第十三章的所有应用实例的全部程序均在F1系列PLC上运行检验通过，可直接应用，在此基础上也很容易改成其他PLC控制。现在各院校理论教学学时普遍减少，因此，建议授课时选讲其中一种PLC的内容，其他类型的PLC的内容可进行简要介绍，同学们可举一反三地自学，而且会很快掌握。

修订后的教材仍为13章。第一~三章和第一篇习题由谢光汉副教授编写，第五~七章由高军礼副教授编写，前言、第四章、第十一~十三章和第二篇习题由邓则名教授编写，第八~十章经程良伦教授推荐由张慧讲师在程良伦教授编写的第3版的基础上编写，附录由李秀华高级实验师编写。邓则名教授负责全书修订的组织和统稿工作。

本教材附有电子课件。第一~三章电子课件由张慧讲师和谢光汉副教授制作；第四~七章电子课件由高军礼副教授制作；第八~十三章电子课件由张慧讲师制作。特别是在电子课件中还包括第一篇习题参考答案，由谢光汉副教授解答；第二篇习题参考答案，由邓则名教授解答。

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专业或相近专业本科“电气自动控制设备”“电气与可编程序控制器”和类似课程的教材，也可作为各院校专科层次相关专业课程的参考教材，还可供电子技术、计算机技术、信息技术、电气与自动化技术工程技术人员参考。

在本教材的修订过程中，得到广东工业大学教务处、自动化学院的有力支持和帮助。沈起奋副教授审阅了第一~四章、第十一~十三章，钟映春副教授审阅了第五~七章，程良伦教授审阅了第八~十章。三位教授对修订教材提出了很多宝贵的意见和建议；丁梓健、杨建良、余亚雄、栾伟、崔远等研究生帮助编者打印书稿、做实验等。在编写本教材过程中还参

考了一些教材和资料的相关内容。编者在此对所有这些单位和个人以及本教材所列参考文献的作者一并致以诚挚的谢意!

由于编者能力有限,错误和不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

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	2
第三节 继电器	11
第四节 熔断器	22
第五节 低压开关与低压断路器	27
第六节 主令电器	34
第七节 电子继电器	37
第二章 电器控制的基本电路	41
第一节 电器控制电路图的绘制	41
第二节 三相异步电动机的起 控制	48
第三节 三相异步电动机的正反转 控制	57
第四节 三相异步电动机的调速 控制	58
第五节 三相异步电动机的制动 控制	62
第六节 其他典型控制电路	65
第七节 电器控制电路的设计方法	67
第三章 普通机床的电气控制	72
第一节 卧式车床的电气控制	72
第二节 平面磨床的电气控制	74
第三节 摇臂钻床的电气控制	76
第四节 铣床的电气控制	78
第一篇习题	82
第二篇 可编程序控制器 (PLC) 应用技术	84
第四章 可编程序控制器概论与 基本工作原理	84
第一节 PLC 概述	84
第二节 PLC 的基本结构与工作 原理	87
第三节 PLC 的性能指标及分类	89
第四节 PLC 与其他工业控制系统的 比较	91
第五章 FX3U 系列 PLC	93
第一节 FX3U 系列 PLC 的型号和输入/ 输出方式	93
第二节 FX3U 系列 PLC 的内部 器件	96
第六章 FX3U 系列 PLC 指令系统	106
第一节 PLC 的常用编程语言	106
第二节 FX3U 系列 PLC 基本指令及编 程方法	107
第三节 编程的基本规则与技巧	113
第四节 FX3U 系列 PLC 步进与应用指 令及编程方法	115
第七章 FX3U 程序设计与触摸屏 人机界面设计	143
第一节 FX3U PLC 程序设计	143
第二节 触摸屏人机界面设计	150
第八章 西门子 S7-200 系列 PLC	157
第一节 西门子 S7 系列 PLC 简介	157
第二节 西门子 S7-200 系列 PLC 的内 部元器件	159
第九章 西门子 S7-200 系列 PLC 指令系统	164
第一节 西门子 S7-200 系列 PLC 基本 指令及编程方法	164
第二节 西门子 S7-200 系列 PLC 功能 指令及编程方法	170
第三节 西门子 S7-200 系列 PLC 程序 控制指令及编程方法	182
第四节 西门子 S7-200 系列 PLC 指令 系统应用举例	186
第十章 STEP 7 开发环境与 组态软件	189

第一节	STEP 7 编程软件系统	189			
第二节	组态软件简介	195			
第十一章	F₁ 系列 PLC 的内部继				
	电器和指令系统	219			
第一节	F ₁ 系列 PLC 的型号和单元	219			
第二节	F ₁ 系列 PLC 的内部继电器	220			
第三节	F ₁ 系列 PLC 的基本指令及 编程方法	224			
第四节	F ₁ 系列 PLC 的功能指令 简介	230			
第十二章	PLC 控制系统的设计	232			
第一节	PLC 控制系统设计概述	232			
第二节	扩展设定计数值和定时值 范围的方法	234			
	第三节 输入/输出点数简化的方法	235			
	第四节 F ₁ /F ₂ 系列 PLC 与 EEPROM 之间程序的传送与比较	238			
	第五节 提高 PLC 控制系统可靠性 措施与运行维护	239			
第十三章	可编程序控制器的应				
	用实例	242			
	第二篇习题	259			
附录	罗克韦尔 PLC 实验操作				
	简介	267			
参考文献	273			

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、自动控制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地使用着。

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。

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,其结构简图如图 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。

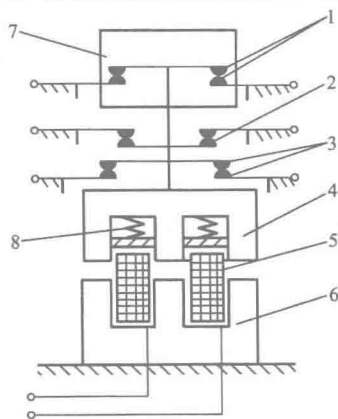


图 1-1 接触器结构简图

- 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

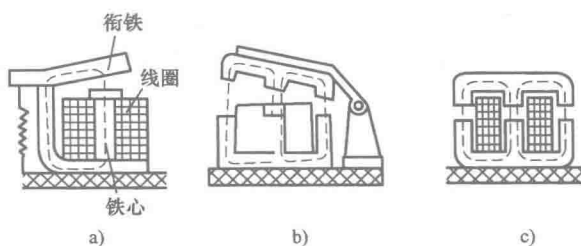


图 1-2 接触器电磁系统的结构图

- 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

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, 衔铁在线圈内做直线运动, 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 1-2c)。

3) 电磁系统按电磁线圈的种类可分为直流通圈和交流线圈两种。

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, 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。

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

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。

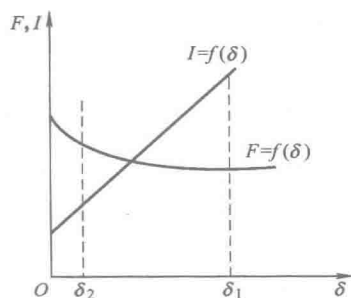


图 1-3 交流电磁机构的吸力特性

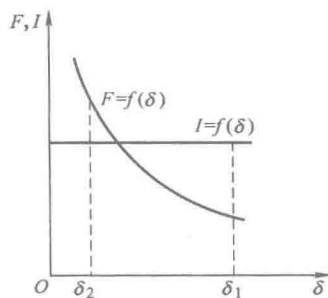


图 1-4 直流电磁机构的吸力特性

在一些要求可靠性较高或操作频繁的场所，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，其曲线比 $\delta_1 \sim \delta_2$ 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，反力特性必须与吸力特性配合好，如图1-5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。

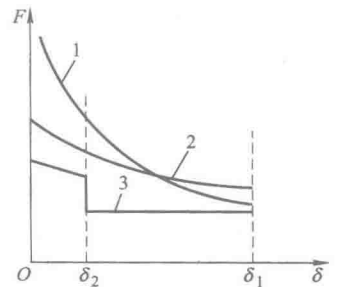


图1-5 吸力特性和反力特性
1—直流接触器吸力特性 2—交流接触器吸力特性 3—反力特性

（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1-7a为点接触，它由两个半球形触头或一个半球形与一个平面形触头构成，常用于小电流的电器中，如接触器的辅助触头或继电器触头。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，以减小触头接触电阻和提高耐磨性，多用于大容量接触器的触头。

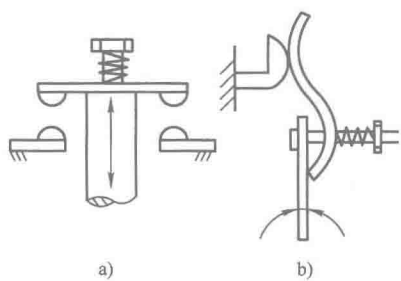


图 1-6 触头结构形式图
a) 桥型触头 b) 指型触头

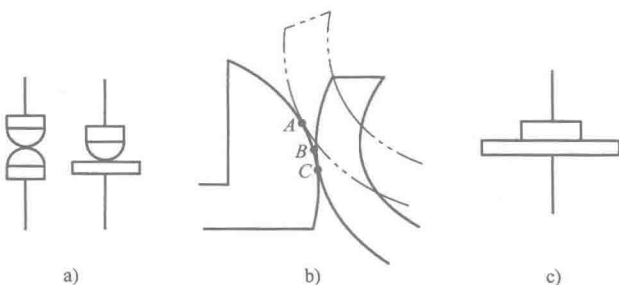


图 1-7 触头接触形式图
a) 点接触 b) 线接触 c) 面接触

(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、磁吹灭弧装置和多纵缝灭弧装置。

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，安放在触头上方的灭弧罩内。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。

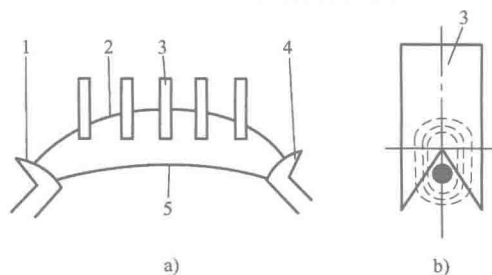


图 1-8 灭弧栅的灭弧原理
a) 栅片灭弧原理 b) 电弧进入栅片的图形
1—静触头 2—短电弧 3—灭弧栅片
4—动触头 5—长电弧

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颊片引向触头周围；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，而在弧柱上面的磁通彼此抵消，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。

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。

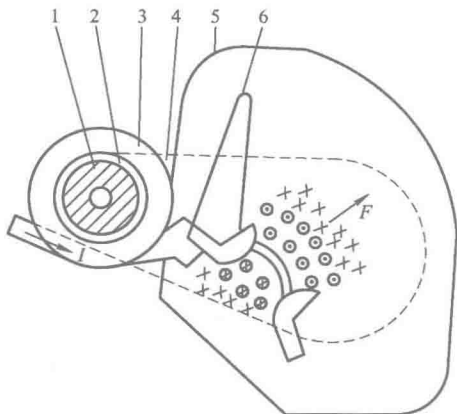


图 1-9 磁吹灭弧装置工作原理

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

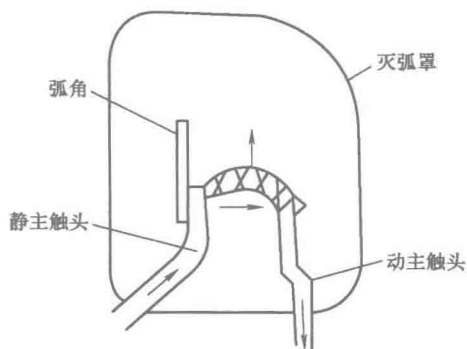


图 1-10 多纵缝灭弧装置

接触器的图形符号、文字符号如图 1-11 所示。

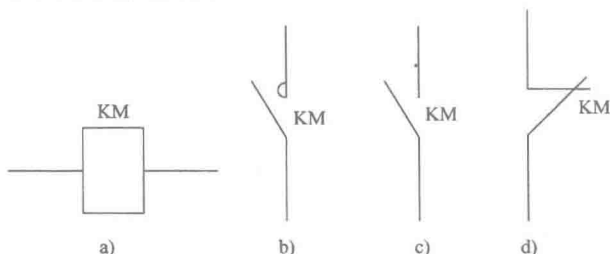


图 1-11 接触器的图形、文字符号

a) 线圈 b) 主触头 c) 常开辅助触头 d) 常闭辅助触头

(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。

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。

交流接触器的触头接通、分断交流主电路,如图 1-12 所示。

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

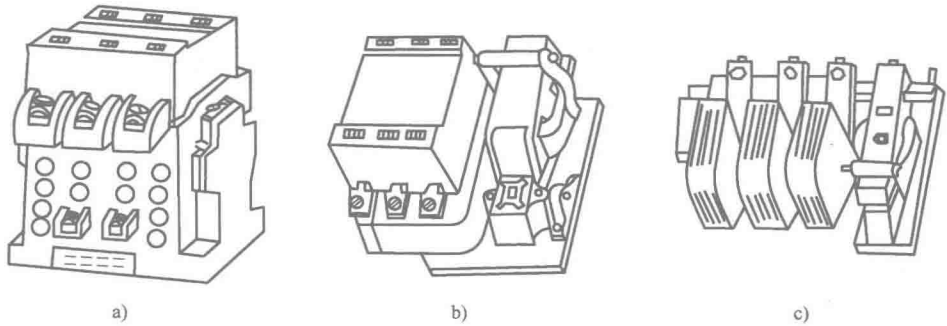


图 1-12 交流接触器

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

被吸合。这样，交流电源正负半波的变化，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。

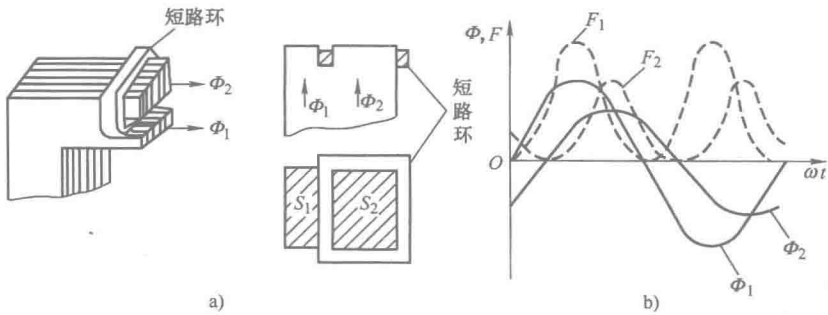


图 1-13 交流接触器铁心的短路环

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 、限电流电阻 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

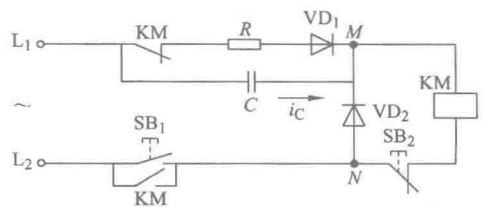


图 1-14 交流接触器无声节电装置电路

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,主触头接通、切断直流主电路,直流接触器外形图如图 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。

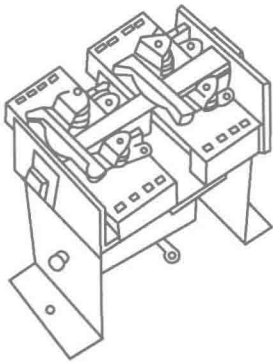


图 1-15 直流接触器外形图

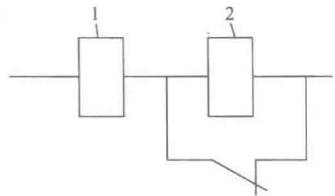
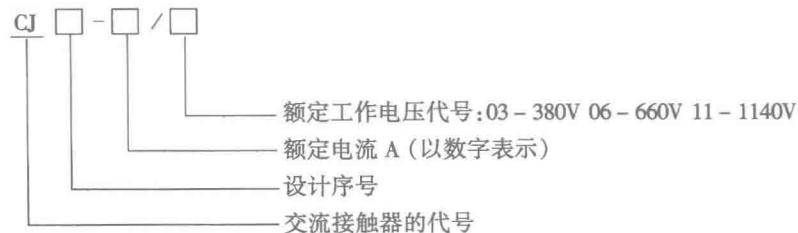


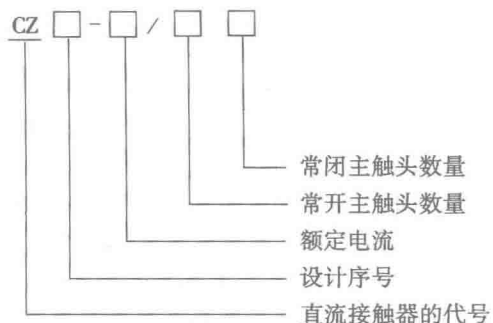
图 1-16 直流接触器双绕组线圈接线图

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参数如表 1-1 所示。

表 1-1 常用的 CJ20 系列交流接触器技术参数

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 $F \geq 10$ ^①	4 - $\phi 5^{+0.3}_0$	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 - $\phi 5^{+0.3}_0$			
		380	16		35 ± 0.31			
		660	13		60 ± 0.37			
CJ20-25	32	220	25	52.5 × 90.5 × 122 $F \geq 10$	4 - $\phi 5^{+0.3}_0$			
		380	25		40 ± 0.195			
		660	16		80 ± 0.37			
CJ20-40	55	220	40	86.5 × 111.5 × 118 $F \geq 30$	4 - $\phi 5^{+0.3}_0$			
		380	40		70 ± 0.37			
		660	25		80 ± 0.37			
CJ20-63	80	220	63	116 × 142 × 146 $F \geq 60$	4 - $\phi 5.8^{+0.3}_0$	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 - $\phi 7^{+0.58}_0$		600/120 1200	
		380	100		108 ± 0.435			
		660	63		92 ± 0.435			
CJ20-160	200	220	160	146 × 187 × 178 $F \geq 80$	4 - $\phi 9^{+0.58}_0$			600/120 1200
		380	160		130 ± 0.5			
		660	100		130 ± 0.5			
CJ20-160/11		1140	80	146 × 197 × 190				

(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)
CJ20-250	315	220	250	190 × 235 × 230 $F \geq 100$	$4 - \phi 9^{+0.58}_0$	辅助触头 16A, 其组 合形式为 42、33、24 螺钉安装	300/60 600
CJ20-250/06		380	250		160 ± 0.5		
	660	200	150 ± 0.5				
CJ20-400	400	220	400	245 × 294 × 262 $F \geq 110$	$4 - \phi 9^{+0.58}_0$		
CJ20-400/06		380	400		210 ± 0.5		
	660	250	180 ± 0.5				
CJ20-630	630	220	630	245 × 294 × 272 $F \geq 120$	$4 - \phi 11^{+0.7}_0$	300/12 120	
CJ20-630/06		380	630		210 ± 0.575		
	660	400					
CJ20-630/11	400	1140	400	245 × 294 × 287 $F \geq 120$	$4 - \phi 11^{+0.7}_0$ 210 ± 0.575 180 ± 0.5		

① 表中 F 为飞弧距离 (前方)。

常用的 CZ18 系列直流接触器技术参数如表 1-2 所示。

表 1-2 常用的 CZ18 系列直流接触器技术参数

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)
CZ18-40/10 CZ18-40/20	40	440	40	$120^{138} \times 166 \times 142$	$2 - \phi 7$ 28×137	40A、80A 的辅助触头 为 6A, 其余 规格为 10A, 其组合形式 为 22	500/50 1200 (其余) 600 (160A)
CZ18-80/10 CZ18-80/20	80		80	$138 \times 185 \times 160$	$2 - \phi 7$ 28×157		
CZ18-160B/10 CZ18-160/10	160		160	$142 \times 323 \times 304$ $142 \times 273 \times 229$	$4 - \phi 9$ 70×240		
CZ18-315B/10 CZ18-315/10	315		315	$148 \times 366 \times 349$ $148 \times 325 \times 269$	$4 - \phi 9$ 90×270	主触头组 合型式 10、 20 (160A 及以上仅有 10)	300/30 600
CZ18-630B/10 CZ18-630/10	630		630	$176 \times 466 \times 442$ $176 \times 426 \times 342$	$4 - \phi 11$ 110×320		
CZ18-1000B/10 CZ18-1000/10	1000		1000	$180 \times 550 \times 510$ $180 \times 131 \times 410$	$4 - \phi 13$ 130×390	B 形带绝 缘底板	