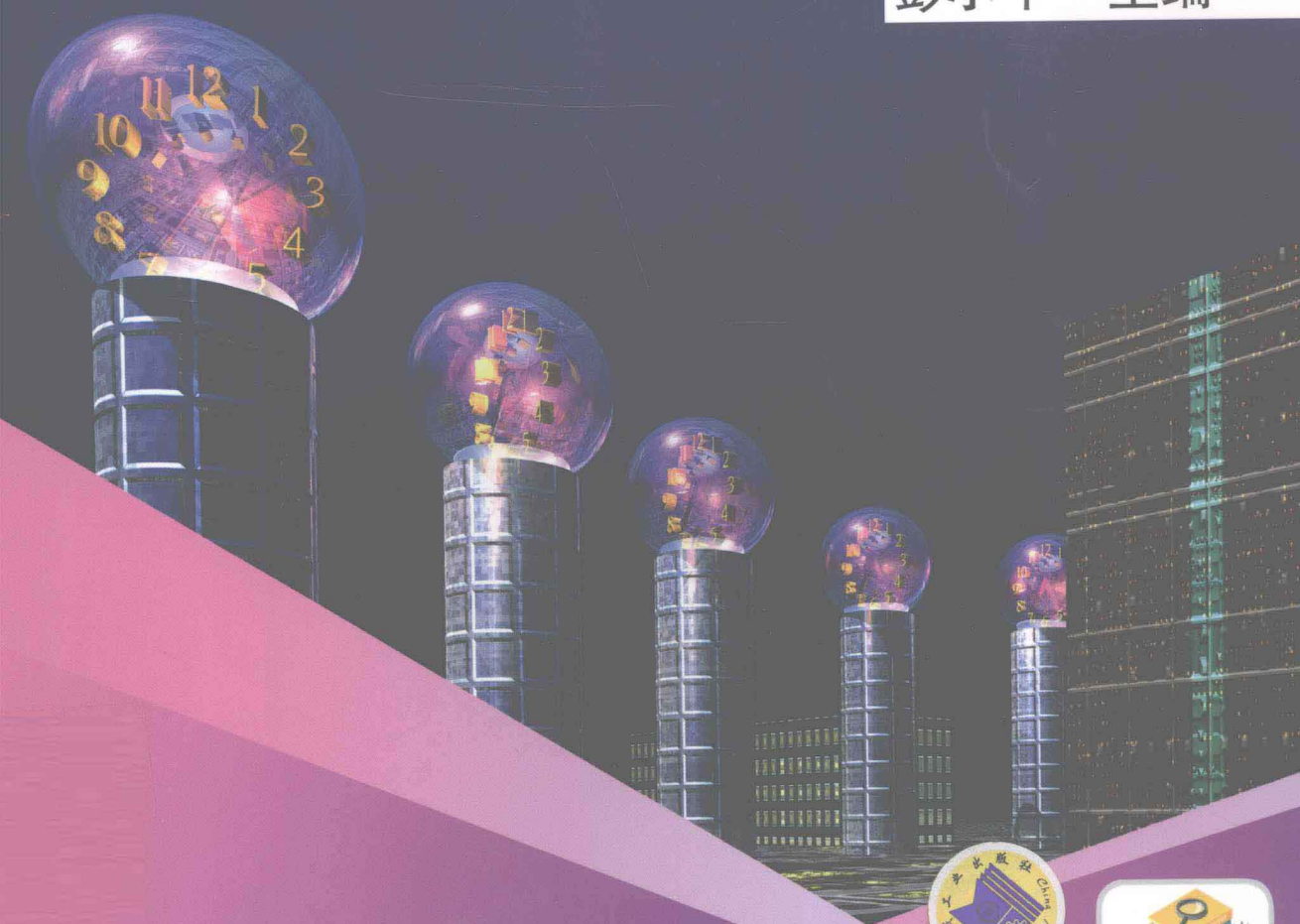




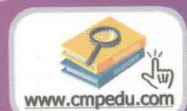
教育部高等职业教育示范专业规划教材

电气控制及PLC 应用技术(三菱)

彭小平 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子课件

教育部高等职业教育示范专业规划教材

电气控制及 PLC 应用技术

(三菱)

主 编 彭小平
副主编 周欢喜 罗 文
参 编 凌双明
主 审 王文杰



机械工业出版社

本书以职业能力培养为核心,以工作过程为导向,涵括了电气控制技术及 PLC 控制技术。全书由 7 个学习情境(包括 17 个典型的实训项目)组成。电气控制部分介绍了常用低压电器的认识、测试及安装,常用低压电气控制系统的设计、安装和调试。PLC 部分介绍了 PLC 的认识和初步应用、PLC 控制系统基本指令的编程和应用、PLC 控制系统顺序控制法的编程和应用、PLC 控制系统功能指令的编程和应用、PLC 控制系统的通信及模拟量的控制。

本书编写中注重学生的工程应用及综合素质的培养,同时力求实例丰富、知识系统全面、可读性实践性强。

本书可作为高职高专院校自动化、电气技术、机电一体化及相近专业的教材,也可供相关工程技术人员参考。

为方便教学,本书提供免费的电子课件及习题参考答案等,凡选用本书作为教材的学校,均可来电索取。咨询电话:010-88379375; E-mail: cmpgaozhi@sina.com。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制及 PLC 应用技术:三菱/彭小平主编. —北京:
机械工业出版社, 2011. 8

教育部高等职业教育示范专业规划教材

ISBN 978-7-111-34429-2

I. ①电… II. ①彭… III. ①电气控制—高等职业教育—
教材②可编程序控制器—高等职业教育—教材 IV. ①TM571. 2
②TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 092575 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:于宁 责任编辑:于宁 王宗锋 苑文环

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 19.25 印张 · 473 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-34429-2

定价:35.00 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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书借鉴了高职高专院校职业教育课程改革的经验，注重学生的职业能力和综合素质的培养。本书以工作过程为导向，所有项目均选取生产实践中的典型工作任务，力求使理论与工程实践相结合。本书涵括了电气控制技术及 PLC 控制技术，由 7 个学习情境(包括 17 个典型实训项目)组成。电气控制部分介绍了常用低压电器的认识、测试及安装，常用低压电气控制系统的设计、安装和调试。PLC 部分介绍了 PLC 的认识和初步应用、PLC 控制系统基本指令的编程和应用、PLC 控制系统顺序控制法的编程和应用、PLC 控制系统功能指令的编程及应用、PLC 控制系统的通信及模拟量的控制。本书在内容编排上循序渐进、由浅入深，同时注重知识的系统性和全面性，在内容阐述上力求简明扼要、图文并茂、通俗易懂。本书是教育部高等职业教育示范专业规划教材，凸现了“基于生产过程”和“教、学、做”一体化等教学特色，又注重对学生素质和技能的培养。

本书由长沙航空职业技术学院彭小平任主编，周欢喜、罗文任副主编。本书学习情境 1 由凌双明编写，学习情境 2 及附录 B 由周欢喜编写，学习情境 3、4、5、6 由彭小平编写，学习情境 7 及附录 A 由罗文编写，全书由彭小平统稿。本书由王文杰副教授担任主审，他对本书的编写提供了大力支持，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢！同时感谢浙江天煌科技有限公司等企业的素材资料的提供和支持。

鉴于编者水平有限，书中难免有不足、疏漏之处，恳请广大师生和读者批评指正。

编 者

目 录

前言

学习情境 1 常用低压电器的认识、 测试及安装 1

知识目标 1

能力目标 1

1.1 知识链接 1

1.1.1 低压电器的分类与作用 1

1.1.2 接触器 5

1.1.3 继电器 10

1.1.4 刀开关与低压断路器 19

1.1.5 熔断器 22

1.1.6 主令电器 25

1.2 实训项目 常用低压电器的认识、 拆装及测试 31

思考练习题 34

学习情境 2 常用低压电气控制系统的设计、 安装和调试 35

知识目标 35

能力目标 35

2.1 知识链接 35

2.1.1 电气控制系统图概述 35

2.1.2 电气控制系统图的绘制 37

2.1.3 电气原理图的识读 40

2.1.4 几种典型的电气控制系统 42

2.1.5 电气控制系统的设计 54

2.2 实训项目 64

2.2.1 项目 1 CA6140 型卧式车床
电气控制系统分析、调试与
维修 64

2.2.2 项目 2 Z3050 型摇臂钻床
电气控制系统分析、调试与
维修 68

2.2.3 项目 3 X62W 型万能铣床
电气控制系统分析、调试与
维修 73

思考练习题 78

学习情境 3 PLC 的认识和 初步应用 80

知识目标 80

能力目标 80

3.1 知识链接 80

3.1.1 可编程序控制器的产生、
发展及定义 80

3.1.2 PLC 的特点与应用领域 82

3.1.3 PLC 的分类 83

3.1.4 可编程序控制器的构成 85

3.1.5 可编程序控制器的工作方式 92

3.1.6 PLC 的性能指标 94

3.1.7 PLC 的发展趋势 95

3.1.8 FX 系列可编程序控制器
的系统配置 96

3.1.9 FX 系列可编程序控制器的
编程元件 105

3.1.10 GX Developer 编程软件的
应用 113

3.2 实训项目 126

3.2.1 项目 1 电动机正反转的
PLC 控制 126

3.2.2 项目 2 工作台的自动
往返控制 129

思考练习题 131

学习情境 4 PLC 控制系统基本指令 的编程和应用 132

知识目标 132

能力目标 132

4.1 知识链接 132

4.1.1 FX 系列可编程序控制器
的基本指令 132

4.1.2 FX 系列可编程序控制器编程
的基本原则 140

4.1.3 典型基本梯形图经验 设计方法	142	6.1.1 功能指令的类型及使用 要素	197
4.1.4 梯形图经验设计方法举例	147	6.1.2 传送、比较类指令及应用	198
4.1.5 继电器—接触器控制电路移 植法设计梯形图	148	6.1.3 传送、比较类指令的基本用途及 应用实例	205
4.2 实训项目	150	6.1.4 算术和逻辑运算指令及应用	207
4.2.1 项目1 传送带顺序起、 停 PLC 控制系统的设计	150	6.1.5 循环与移位指令及应用	211
4.2.2 项目2 液体混合装置的 PLC 控制 系统的设计	153	6.1.6 数据处理指令及应用	216
4.2.3 项目3 十字路口交通灯的 PLC 控制系统的设计	155	6.1.7 程序流程类应用指令及应用	219
思考练习题	157	6.1.8 方便类应用指令及应用	224
学习情境5 PLC 控制系统顺序控制法 的编程和应用	160	6.1.9 外部设备 I/O 指令及应用	225
知识目标	160	6.1.10 触点比较指令及应用	230
能力目标	160	6.2 实训项目	232
5.1 知识链接	160	6.2.1 项目1 8 站小车呼叫系统 的设计	232
5.1.1 顺序控制法概述	160	6.2.2 项目2 五相步进电动机的 模拟控制	235
5.1.2 顺序控制设计法的设计步骤	161	思考练习题	240
5.1.3 顺序功能图的绘制	162	学习情境7 PLC 控制系统的通信及 模拟量的控制	241
5.1.4 顺序控制设计法中梯形图的 编程方式	164	知识目标	241
5.1.5 在 GX Developer 编程软件中 进行 SFC 编程	172	能力目标	241
5.2 实训项目	181	7.1 知识链接	241
5.2.1 项目1 按钮式人行横道交通灯 的控制	181	7.1.1 外部设备 I/O 指令及外围 设备指令	241
5.2.2 项目2 大小球分拣控制系统 的设计	184	7.1.2 PID 控制	247
5.2.3 项目3 自动送料装车模拟控制 系统的设计	187	7.1.3 PLC 模拟量输入/输出模块	250
5.2.4 项目4 机械手 PLC 控制系统 的设计	190	7.1.4 PLC 的通信	257
思考练习题	193	7.1.5 变频器的使用	270
学习情境6 PLC 控制系统功能指令 的编程和应用	196	7.2 实训项目	282
知识目标	196	7.2.1 项目1 基于 PLC 模拟量方式的 变频器闭环调速	282
能力目标	196	7.2.2 项目2 基于 PLC 通信方式的 变频器闭环定位控制	286
6.1 知识链接	196	思考练习题	291
6.1.1 功能指令的类型及使用 要素	197	附录	292
6.1.2 传送、比较类指令及应用	198	附录 A 电气图形符号表	292
6.1.3 传送、比较类指令的基本用途及 应用实例	205	附录 B FX 系列 PLC 功能指令 汇总表	295
6.1.4 算术和逻辑运算指令及应用	207	参考文献	300
6.1.5 循环与移位指令及应用	211		
6.1.6 数据处理指令及应用	216		
6.1.7 程序流程类应用指令及应用	219		
6.1.8 方便类应用指令及应用	224		
6.1.9 外部设备 I/O 指令及应用	225		
6.1.10 触点比较指令及应用	230		
6.2 实训项目	232		
6.2.1 项目1 8 站小车呼叫系统 的设计	232		
6.2.2 项目2 五相步进电动机的 模拟控制	235		
思考练习题	240		

1

学习情境

常用低压电器的认识、测试及安装

【知识目标】

1. 了解常用低压电器的分类、型号意义及技术参数。
2. 熟悉常用低压电器的功能、结构及工作原理。
3. 熟记常用低压电器的文字符号和图形符号。

【能力目标】

1. 能正确拆装和检测常用低压电器。
2. 能够根据设备要求选择低压电器的类型和规格参数。

1.1 知识链接

1.1.1 低压电器的分类与作用

凡是对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电工器械均可称为电器。用于交流 1200V 以下、直流 1500V 以下电路，起通断、控制、保护与调节等作用的电器称为低压电器，如接触器及继电器等。低压电器广泛应用于输配电系统和电力拖动系统中，在实际生产中起着非常重要的作用。

1. 低压电器的分类

(1) 按操作方式分

- 1) 手动电器：由人操作发出动作指令的电器，如刀开关及按钮等。
- 2) 自动电器：不需人工直接操作，按照电的或非电的信号自动完成接通、分断电路任

务的电器,如接触器、继电器及电磁阀等。

(2) 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,要求寿命长,体积小,重量轻且动作迅速、准确、可靠。常用的控制电器有接触器、继电器、起动机、主令电器及电磁铁等。

2) 配电电器:用于电能的输送和分配的电器,主要用于低压配电系统中。要求在系统发生故障时能准确动作、可靠工作,在规定条件下具有相应的动稳定性与热稳定性,使电器不会损坏。常用的配电电器有刀开关、转换开关、熔断器及断路器等。

(3) 按工作原理分

1) 电磁式电器:依据电磁感应原理来工作的电器,如交直流接触器及各种电磁式继电器等。

2) 非电量控制电器:靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器,如刀开关、速度继电器、压力继电器及温度继电器等。

2. 低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号,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、调节、指示及转换等。低压电器的作用有:

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

3) 测量作用:利用仪表及与之相适应的电器,对设备、电网的相关参数或其他非电参数进行测量,如测量电流、电压、功率、转速、温度及湿度等。

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,如柴油机节气门的调整、房间温湿度的调节及照度的自动调节等。

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路工作情况,如绝缘监测及保护吊牌指示等。

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,以实现功能切换作用,如励磁装置手动与自动的转换,供电系统中的市电与自备电的切换等。

当然,低压电器的作用远不止这些,随着科学技术的发展,具有新功能的新的电器会不断出现。常用低压电器的主要种类和用途见表 1-1。

表 1-1 常用低压电器的主要种类及用途

序号	类别	主要品种	用途
1	断路器	塑料外壳式断路器	主要用于电路的过载保护、短路保护、欠电压保护、漏电压保护,也可用于不频繁接通和断开的电路
		框架式断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
		直流快速断路器	
2	刀开关	开关板用刀开关	主要用于电路的电气隔离,有时也能分断负载
		负荷开关	
		熔断器式刀开关	

(续)

序号	类别	主要品种	用途
3	转换开关	组合开关	主要用于电源切换,也可用于负载通断或电路的切换
		换向开关	
4	主令电器	按钮	主要用于发布控制指令
		限位开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负载,切断带负载电路
		直流接触器	
6	起动器	磁力起动器	主要用于电动机的起动
		Y- Δ 起动器	
		自耦变压器减压起动器	
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制电路的切换
		平面控制器	
8	继电器	电流继电器	主要用于控制电路中,将被监控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
9	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护,也用于电路的过载保护
		无填料熔断器	
		半封闭插入式熔断器	
		快速熔断器	
		自复熔断器	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

3. 低压电器的基本结构

下面以电磁式低压电器为例介绍低压电器的基本结构。

电磁式低压电器大都有两个主要组成部分,即电磁机构(感测部分)和触点系统(执行部分),有些低压电器还有灭弧装置。

(1) 电磁机构 电磁机构的主要作用是将电磁能转换成机械能,带动触点动作,从而完成接通或分断电路的功能。

常用的电磁机构如图 1-1 所示,由衔铁、铁心和吸引线圈三个基本部分组成。

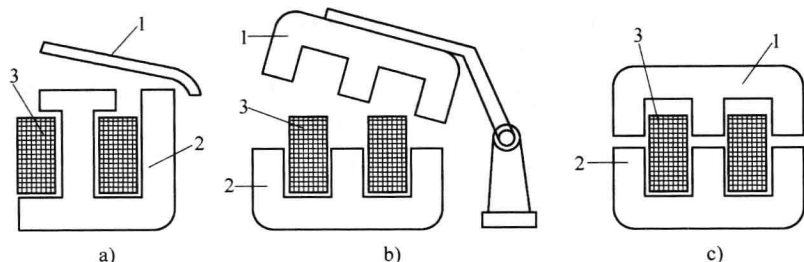


图 1-1 常用的电磁机构

1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

按吸引线圈所通电流性质的不同，电磁式低压电器分为直流与交流两大类，它们都是利用电磁铁的原理制成的。

直流电磁铁由于通入的是直流电，其铁心不发热，只有线圈发热，因此线圈与铁心接触以利散热，线圈做成无骨架、高而薄的瘦高形，以改善线圈自身散热能力。铁心和衔铁由软钢和工程纯铁制成。

交流电磁铁由于通入的是交流电，铁心中存在磁滞损耗和涡流损耗，线圈和铁心都发热，所以交流电磁铁的吸引线圈有骨架，使铁心与线圈隔离并将线圈制成短而厚的矮胖形，以利于铁心和线圈的散热。铁心用硅钢片叠压而成，以减小涡流损耗。

当线圈中通以直流电时，气隙磁感应强度不变，直流电磁铁的电磁吸力为恒值。当线圈中通以交流电时，磁感应强度为交变量，交流电磁铁的电磁吸力 F 在 0 (最小值) $\sim F_m$ (最大值) 之间变化，在一个周期内，当电磁吸力的瞬时值大于反作用力时，衔铁吸合；当电磁吸力的瞬时值小于反作用力时，衔铁释放。所以电源电压每变化一个周期，电磁铁吸合两次、释放两次，使电磁机构产生剧烈的振动和噪声，因而不能正常工作。为了消除交流电磁铁产生的振动和噪声，在铁心的端面开一小槽，在槽内嵌入铜制短路环，如图 1-2 所示。短路环是利用磁通分相的作用，使合成后的吸力在任何时刻都大于反作用力，从而消除振动和噪声。

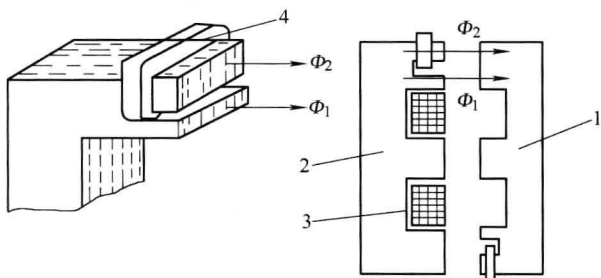


图 1-2 交流电磁铁的短路环

1—衔铁 2—铁心 3—线圈 4—短路环

(2) 触点系统 触点是电器的执行部分，起接通和分断电路的作用。触点按其接触形式分为点接触、线接触和面接触 3 种，如图 1-3 所示。点接触型允许通过的电流较小，常用于继电器电路或辅助触点。线接触型和面接触型允许通过的电流较大，常用于大电流的场合，如刀开关、接触器的主触点等。

(3) 灭弧装置 在大气中分断电路时，电场的存在会使触点的表面的大量电子溢出从而产生电弧。电弧一经产生，就会产生大量热能。电弧的存在既烧容易蚀触点的金属表面，降低电器的使用寿命，又延长了电路的分断时间，所以必须迅速使电弧熄灭。

常用的灭弧方法如下：

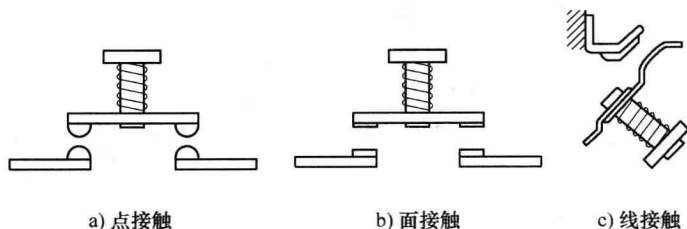


图 1-3 常见的触点结构

1) 机械灭弧：通过机械将电弧迅速拉长，多用于开关电路，如图 1-4 所示。

2) 磁吹灭弧：在一个与触点串联的磁吹线圈产生的磁力作用下，电弧被拉长且被吹入由固体介质构成的灭弧罩内，电弧被冷却熄灭，如图 1-5 所示。

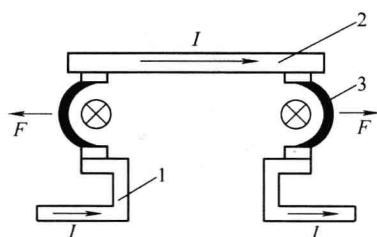


图 1-4 机械灭弧

1—静触点 2—动触点 3—电弧

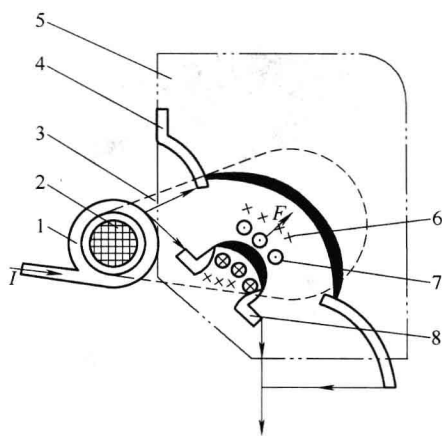


图 1-5 磁吹灭弧原理

1—磁吹线圈 2—铁心 3—引弧角
4—导磁夹板 5—灭弧罩 6—磁吹线圈磁场
7—电弧电流磁场 8—动触点

3) 金属栅片灭弧：当触点分开时，产生的电弧在电场力的作用下被推入一组金属栅片而被分成数段，彼此绝缘的金属片相当于电极，因而将总电弧压降分成几段，各栅片间的电压低于燃弧电压，对交流电弧来说，在电弧过零时使电弧无法维持而熄灭，如图 1-6 所示，交流电器常用金属栅片灭弧。

4) 窄缝灭弧：由耐弧陶土、石棉等材料制成的灭弧罩内每相有一个或多个纵缝，缝的上部较窄以便压缩电弧，当触点断开时，电弧被外磁场或电动力吹入缝内，热量传送给罩壁迅速冷却而熄灭电弧。如图 1-7 所示，该方式主要用于交流接触器中。

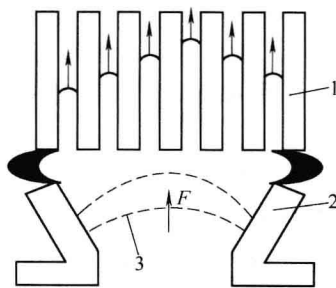


图 1-6 金属栅片灭弧

1—灭弧栅片 2—触点 3—电弧

1.1.2 接触器

接触器是一种用来自动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直流电路，并可实现远距离控制。其主要控制对象是

电动机，也可用于控制电热设备、电焊机、电容器组等其他负载。它还具有低电压释放保护功能（欠电压保护）。接触器具有控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济等特点，是电力拖动自动控制电路中使用最广泛的电器元件之一。

按照所控制电路的电流种类不同，接触器可分为交流接触器和直流接触器两大类。

1. 交流接触器

(1) 交流接触器的结构 图 1-8 所示为 CJX1 型交流接触器的实物，图 1-9 为交流接触器结构示意图。交流接触器由以下四部分组成：

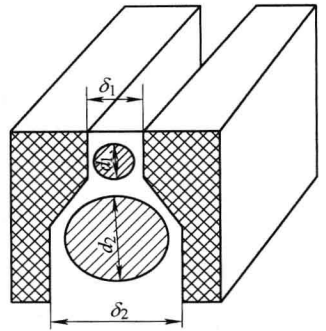


图 1-7 窄缝灭弧



图 1-8 CJX1 型交流接触器

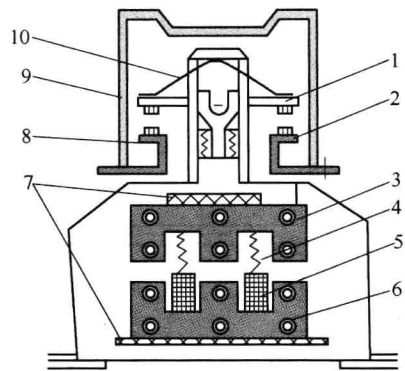


图 1-9 交流接触器结构示意图

- 1—动触点 2—静触点 3—衔铁 4—弹簧
5—线圈 6—铁心 7—垫毡 8—触点弹簧
9—灭弧罩 10—触点压力弹簧

1) 电磁机构：电磁机构由吸引线圈、动铁心（衔铁）和静铁心组成，其作用是将电磁能转换成机械能，产生电磁吸力带动触点动作。

2) 触点系统：包括主触点和辅助触点，主触点用于通断主电路，通常有三对常开触点；辅助触点用于控制电路，起电气联锁作用，故又称联锁触点，一般有常开、常闭触点各两对。

3) 灭弧装置：容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置，对于小容量的接触器，常采用双断口触点灭弧、电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。对于大容量的接触器，常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧。

4) 其他部件：包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。

(2) 交流接触器的工作原理和符号 如图 1-10 所示，交流接触器的工作原理如下：线圈通电后，在铁心中产生磁通及电磁吸力。此电磁吸力克服弹簧反作用力使衔铁吸合，带动触点机构动作，常闭触点打开，常开触点闭合，联锁或接通线路。当线圈失电或线圈两端电压显著降低时，电磁吸力小于弹簧反作用力，使得衔铁释放，触点机构复位，断开线路或解除联锁。接触器的图形符号如图 1-11 所示，文字符号为 KM。

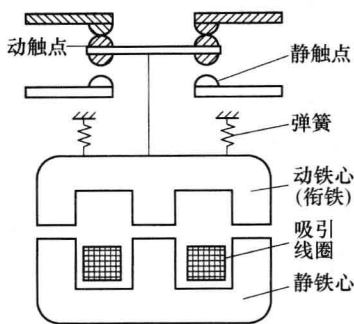


图 1-10 交流接触器工作原理图

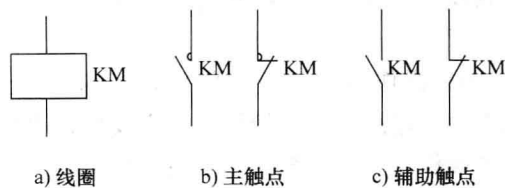


图 1-11 接触器的图形符号

(3) 交流接触器的分类及选用 交流接触器的种类很多，其分类方法也不尽相同。按照一般的分类方法，大致有以下几种。

1) 按主触点极数分：可分为单极、双极、三极、四极和五极接触器。单极接触器主要用于单相负载，如照明负载、焊机等，在电动机能耗制动中也可采用；双极接触器用于绕线转子异步电动机的转子回路中，起动时用于短接起动绕组；三极接触器用于三相负载，如在电动机的控制及其他场合，使用最为广泛；四极接触器主要用于三相四线制的照明线路，也可用来控制双回路电动机负载；五极交流接触器用来组成自耦补偿起动器或控制双笼型电动机，以变换绕组接法。

2) 按灭弧介质分：可分为空气式接触器、真空式接触器等。依靠空气绝缘的接触器用于一般负载，而采用真空绝缘的接触器常用在煤矿、石油、化工企业及电压为 660V 和 1140V 等一些特殊的场合。

3) 按有无触点分：可分为有触点接触器和无触点接触器。常见的接触器多为有触点接触器，而无触点接触器属于电子技术应用的产物，一般采用晶闸管作为回路的通断器件。由于晶闸管导通时所需的触发电压很小，而且回路通断时无火花产生，因而可用于高操作频率的设备和易燃、易爆、无噪声的场合。

(4) 交流接触器的基本参数

1) 额定电压：指主触点额定工作电压，应等于负载的额定电压。一只接触器常规定几个额定电压，同时列出相应的额定电流或控制功率，通常，最大工作电压即为额定电压。常用的额定电压值有 220V、380V 及 660V 等。

2) 额定电流：接触器触点在额定工作条件下的电流值。380V 三相电动机控制电路中，当电流单位为 A、功率单位为 kW 时，额定工作电流的数值可近似等于控制功率的数值的两倍。常用额定电流的等级有 5A、10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A 及 600A。

3) 通断能力：可分为最大接通电流和最大分断电流。最大接通电流是指触点闭合时不会造成触点熔焊时的最大电流值；最大分断电流是指触点断开时能可靠灭弧的最大电流。接触器的通断能力一般是其额定电流的 5~10 倍。当然，这一数值与通断电路的电压等级有关，电压越高，通断能力越小。

4) 动作值：可分为吸合电压和释放电压。吸合电压是指接触器吸合前，缓慢增加吸合线圈两端的电压，接触器可以吸合时的最小电压。释放电压是指接触器吸合后，缓慢降低吸

合线圈的电压，接触器释放时的最大电压。一般规定，吸合电压不低于线圈额定电压的 85%，释放电压不高于线圈额定电压的 70%。

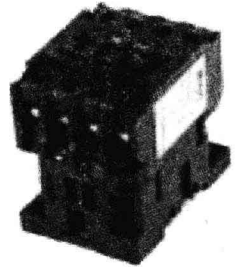
5) 吸引线圈额定电压：接触器正常工作时，吸引线圈上所加的电压值。一般该电压数值以及线圈的匝数、线径等数据均标于线包上，而不是标于接触器外壳铭牌上，使用时应加以注意。

6) 操作频率：接触器在吸合瞬间，吸引线圈需消耗比额定电流大 5~7 倍的电流，如果操作频率过高，则会使线圈严重发热，直接影响接触器的正常使用。为此，规定了接触器的允许操作频率，一般为每小时允许操作次数的最大值。

7) 寿命：包括电气寿命和机械寿命。目前接触器的机械寿命已达一千万次以上，电气寿命约是机械寿命的 5%~20%。

2. 直流接触器

直流接触器的结构和工作原理基本上与交流接触器相同。在结构上也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等部分组成。由于直流电弧比交流电弧难以熄灭，直流接触器常采用磁吹式灭弧装置灭弧。直流接触器结构上有立体布置和平面布置两种结构，电磁系统多采用绕棱角转动的拍合式结构，主触点采用双断点桥式结构或单断点转动式结构。常用的直流接触器的型号有 CZ18、CZ21、CZ22、CZ0 等系列，CZ0 型实物图如图 1-12 所示。



3. 型号说明

图 1-13 和图 1-14 分别为交流接触器和直流接触器的型号说明 图 1-12 CZ0 型直流接触器说明。

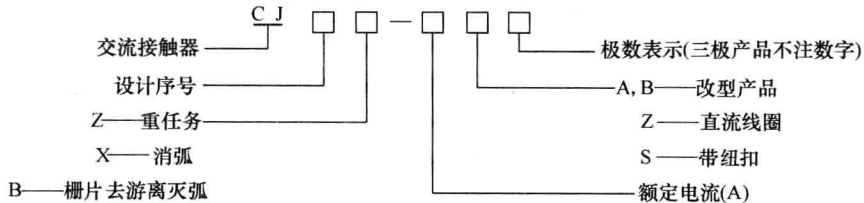


图 1-13 交流接触器的型号说明

如：CJ20Z—40/3 为交流接触器，设计序号为 20，重任务型，额定电流为 40A，主触点为 3 极。CJ12T—250/3 为改型后的交流接触器，设计序号为 12，额定电流为 250A，有 3 个主触点。

我国生产的交流接触器常用的有 CJ12、CJX1、CJ20 等系列及其派生系列产品。上述系列产品一般具有三对常开主触点，常开、常闭辅助触点各两对。直流接触器常用的有 CZ0 系列，分单极和双极两大类，常开、常闭辅助触点各不超过两对。

除以上常用系列外，我国近年来还引进了一些生产线，生产了一些满足 IEC 标准的交流接触器，下面作以简单介绍。

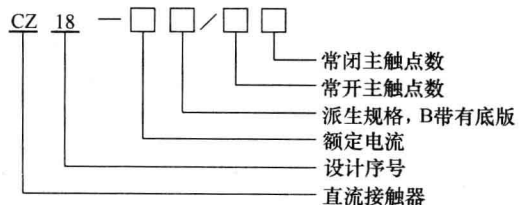


图 1-14 直流接触器的型号说明

CJ12B—S 系列锁扣接触器用于交流 50Hz、电压 380V 及以下、电流 600A 及以下的配电电路中，供远距离接通和分断电路用，并适用于不频繁地起动和停止交流电动机，具有正常工作时吸引线圈不通电、无噪声等特点。其锁扣机构位于电磁系统的下方，锁扣机构靠吸引线圈通电产生的电磁力实现吸合，由于锁扣机构具有“锁扣”功能，即使吸引线圈断电锁扣机构也可保持在锁住位置。由于线圈不通电，不仅无电力损耗，而且消除了噪声。

由德国引进的西门子公司的 3TB 系列、BBC 公司的 B 系列交流接触器等，主要用于远距离接通和分断电路，并适用于频繁地起动场合及控制交流电动机。3TB 系列产品具有结构紧凑、机械寿命和电气寿命长、安装方便、可靠性高等特点。其额定电压范围为 220 ~ 660V，额定电流范围为 9 ~ 630A。

4. 接触器的选用

接触器的选用，应根据负载的类型和工作参数来合理选用。具体分为以下步骤：

(1) 选择接触器的类型 交流接触器按负载种类一般分为一类、二类、三类和四类，分别记为 AC1、AC2、AC3 和 AC4。一类交流接触器对应的控制对象是无感或微感负载，如白炽灯、电阻炉等；二类交流接触器用于绕线转子异步电动机的起动和停止；三类交流接触器的典型用途是控制笼型异步电动机的运转和运行中分断；四类交流接触器用于笼型异步电动机的起动、反接制动、反转和点动。

(2) 选择接触器的额定参数 根据被控对象和工作参数，如电压、电流、功率、频率及工作制等，确定接触器的额定参数。

1) 接触器的线圈电压，一般应选低一些，这样对接触器的绝缘要求可以降低，使用时也较安全。但为了方便和减少设备，常按实际电网电压选取。

2) 所用电动机的操作频率不高的电器，如压缩机、水泵、风机、空调、冲床等，接触器额定电流大于负载额定电流即可。接触器类型可选用 CJ20 系列等。

3) 对于重任务型电动机，如机床主电动机、升降设备、绞盘及破碎机等，其平均操作频率超过 100 次/min，经常运行于起动、点动、正反向制动、反接制动等状态，可选用 CJ12 系列的接触器。为了保证电气寿命，可使接触器降容使用。选用时，接触器额定电流应大于电动机额定电流。

4) 对于特重任务型电动机，如印刷机及镗床等，其操作频率很高，可达 10 ~ 200 次/min，经常运行于起动、反接制动、反向转动等状态，接触器大致可按电气寿命及起动电流选用，接触器选 CJ12 系列等。

5) 交流电路中的电容器投入电网或从电网中切除时，所使用接触器的选择应考虑电容器的合闸冲击电流。一般地，接触器的额定电流可按电容器的额定电流的 1.5 倍选取，型号选 CJ20 系列等。

6) 用接触器对变压器进行控制时，应考虑浪涌电流的大小。如交流电弧焊机、电阻焊机等，一般可按变压器额定电流的 2 倍选取接触器，型号选 CJ20 系列等。

7) 对于电热设备，如电阻炉、电热器等，负载的冷态电阻较小，因此起动电流相应要大一些。选用接触器时可不用考虑起动电流，直接按负载额定电流选取，可选用 CJ20 系列等。

8) 由于气体放电灯起动电流大、起动时间长，对于照明设备的控制，可按额定电流 1.1 ~ 1.4 倍选取接触器，可选 CJ20 系列等。

9) 接触器额定电流是指接触器在长期工作下的最大允许电流, 持续时间小于等于 8h, 接触器安装于敞开的控制板上, 如果冷却条件较差, 选用接触器时, 接触器的额定电流按负载额定电流的 110% ~ 120% 选取。对于长时间工作的电动机, 由于其氧化膜没有机会得到清除, 使接触器电阻增大, 导致触点发热超过允许温升。实际选用时, 可将接触器的额定电流减小 30% 使用。

1.1.3 继电器

继电器是根据某种输入信号的变化, 接通或分断控制电路, 实现自动控制和保护电力装置的自动电器。

继电器的种类很多, 按输入信号的性质不同, 分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、温度继电器、速度继电器及压力继电器等; 按工作原理不同, 可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器和电子式继电器等; 按输出形式不同, 可分为有触点式和无触点式两类; 按用途不同, 可分为控制用继电器与保护用继电器等。

1. 电磁式继电器

(1) 电磁式继电器的结构与工作原理 电磁式继电器是应用得最早、最多的一种继电器, 其结构及工作原理与接触器大体相同。由电磁系统、触点系统和释放弹簧等组成, 电磁式继电器原理如图 1-15 所示。由于继电器用于控制电路, 流过触点的电流比较小(一般 5A 以下), 故不需要灭弧装置。常用的电磁式继电器有电压继电器、中间继电器和电流继电器等。其中, 中间继电器的实物与电路符号如图 1-16 所示。

(2) 电磁式继电器的特性 继电器的主要特性是输入-输出特性, 又称继电特性, 继电特性曲线如图 1-17 所示。当继电器输入量 X 由 0 增至 X_2 以前, 继电器输出量 Y 为零; 当输入量 X 增加到 X_2 时, 继电器吸合, 输出量为 Y_1 ; 若 X 继续增大, Y 保持不变; 当 X 减小到 X_1 时, 继电器释放, 输出量由 Y_1 变为零, 若 X 继续减小, Y 值均为零。

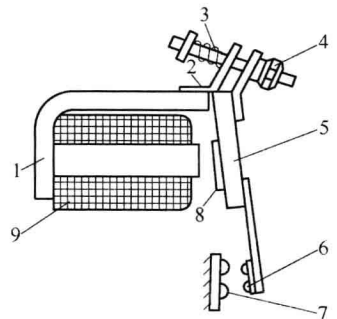
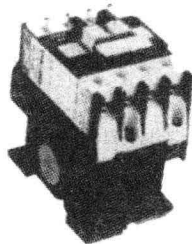


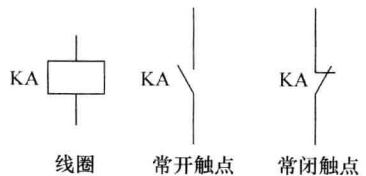
图 1-15 电磁式继电器原理图
1—铁心 2—旋转棱角 3—释放弹簧
4—调节螺母 5—衔铁 6—动触点
7—静触点 8—非磁性垫片 9—线圈



a) DZ-30B 系列直流中间继电器



b) JZC4 系列交流中间继电器



c) 电路符号

图 1-16 中间继电器实物与电路符号

图 1-17 中, X_2 称为继电器吸合值, 欲使继电器吸合, 输入量必须等于或大于 X_2 ; X_1 称为继电器释放值, 欲使继电器释放, 输入量必须等于或小于 X_1 。

$K_f = X_1/X_2$ 称为继电器的返回系数, 它是继电器重要参数之一。 K_f 值是可以调节的。如一般继电器要求低的返回系数, K_f 值应在 0.1 ~ 0.4 之间, 这样当继电器吸合后, 输入量波动较大时不致引起误动作; 欠电压继电器则要求高的返回系数, K_f 值在 0.6 以上, 设某继电器 $K_f = 0.66$, 吸合电压为额定电压的 90%, 则电压低于额定电压的 50% 时, 继电器释放, 起到欠电压保护作用。

另一个重要参数是吸合时间和释放时间。吸合时间是指从线圈接受电信号到衔铁完全吸合所需的时间; 释放时间是指从线圈失电到衔铁完全释放所需的时间。一般继电器的吸合时间与释放时间为 0.05 ~ 0.15s, 快速继电器为 0.005 ~ 0.05s, 它的大小影响继电器的操作频率。

(3) 电压继电器 电压继电器用于电力拖动系统的电压保护和控制, 其线圈并联接入主电路, 感测主电路的线路电压; 触点接于控制电路, 为执行元件。图 1-18 为电压继电器实物图, 图 1-19 为其图形符号和文字符号。

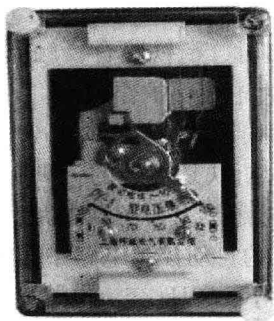


图 1-18 电压继电器实物图

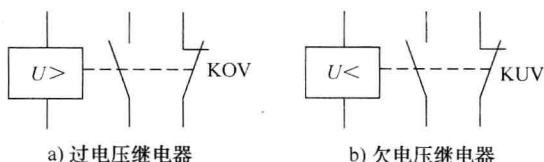


图 1-19 电压继电器的图形符号和文字符号

按吸合电压相对其额定电压的大小, 电压继电器可分为过电压继电器和欠电压继电器。

过电压继电器(KOV)用于电路的过电压保护, 其吸合整定值为被保护电路额定电压的 1.05 ~ 1.2 倍。当被保护的电路电压正常时, 衔铁不动作; 当被保护电路的电压高于额定值, 达到过电压继电器的整定值时, 衔铁吸合, 触点机构动作, 控制电路失电, 控制接触器及时分断被保护电路。

欠电压继电器(KUV)用于电路的欠电压保护, 其释放整定值为电路额定电压的 0.1 ~ 0.6 倍。当被保护电路电压正常时, 衔铁可靠吸合; 当被保护电路电压降至欠电压继电器的释放整定值时, 衔铁释放, 触点机构复位, 控制接触器及时分断被保护电路。

零电压继电器是当电路电压降低到额定电压的 5% ~ 25% 时作用, 对电路实现零电压保护。零电压继电器用于电路的失电压保护。

中间继电器实质上是一种电压继电器。它的特点是触点数目较多, 电流容量可增大, 起