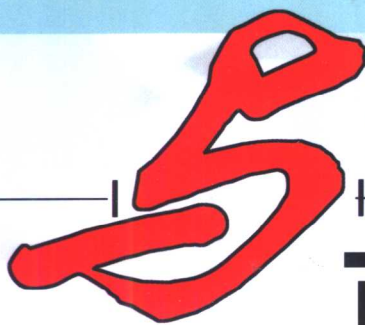


高职高专规划教材

黄晓红 主编 胡晓晴 副主编


# 工厂电气控制



GONGCHANG DIANQI KONGZHI  
YU KE BIANCHENG KONGZHIQI

## 可编程控制器



 中国科学技术出版社

高职高专规划教材

# 工厂电气控制与可编程控制器

黄晓红 主编 胡晓晴 副主编

中国科学技术出版社

·北 京·

## 图书在版编目(CIP)数据

工厂电气控制与可编程控制器/黄晓红主编. —北京:  
中国科学技术出版社, 2004. 1

高职高专规划教材

ISBN 7-5046-1549-8

I. 工... II. 黄... III. ①工厂—电气控制装置—  
高等学校: 技术学校—教材 ②可编程控制器—高等学校:  
技术学校—教材 IV. ①TM921.5 ②TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 119140 号

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 62179148 62173865

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京玥实印刷有限公司印刷

\*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 14.625 字数: 38.5 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 6 月第 2 次印刷

印数: 3001—5000 册 定价: 29.00 元

---

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、  
脱页者, 本社发行部负责调换)

# 前 言

本书是根据目前许多高校已普遍将“工厂电气控制设备”和“可编程控制器”两门课程合并为“工厂电气控制设备与可编程控制器”一门课程的实际情况,并充分考虑到电气控制技术的实际应用和发展情况而编写的。

在编写过程中力求做到以实际应用和便于教学为目标,与当前流行的先进技术产品相结合,着重介绍常用低压电器、电气控制基本线路、典型生产机械电气控制线路、可编程控制器原理及实际应用线路,系统地阐述了电气控制的分析与设计的一般方法。

本书在内容编排上注意循序渐进,由浅入深,便于读者掌握基本控制原理和控制方法。工厂电气控制设备的内容有传统电器及继电器接触器控制系统等,可编程控制器的内容以当今流行的三菱FX<sub>2N</sub>系列为重点。

全书共10章,主要介绍常用低压电器的结构、原理、用途及选用原则;继电器接触器控制系统的基本环节与线路设计的一般原则与方法;典型生产机械的电气控制线路;可编程控制器的结构、工作过程;FX<sub>2N</sub>系列可编程控制器的指令系统和编程举例、功能指令及应用;PLC控制系统的设计方法和应用实例。每章的末尾都附有适量的复习思考题。

本书可作为高职院校、大专院校、电大和业余大学自动化、电气技术、机电一体化及相近专业的《工厂电气控制设备与可编程控制器》及类似课程的选用教材,也可供电气工程技术人员参考。

本书前言、绪论、第1、第4、第5、第6、第9章由广东轻工职业技术学院黄晓红编写,第2、第3章由广东省轻工业学校(广东轻工职业技术学院分教点)胡晓晴编写,第7、第8、第10章由广东轻工职业技术学院付日轩编写。本书由黄晓红主编,并负责全书的组织和统稿,华南理工大学蒋春林校稿。华南理工大学余文杰教授对该书的编写大纲和全书进行了认真的审阅,并提出了许多宝贵意见。本书的编写参考了许多资料与文献,在此无法一一列举,谨对所列主要参考文献的作者表示衷心的感谢!

另外,编者还要特别感谢广东轻工职业技术学院教务处李忠军处长、机电系戚长政教授、陈堂敏副教授,他们在本书的编写过程中给予了极大的帮助和支持。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

广东轻工职业技术学院

2003年10月

# 绪 论

## 1 电气控制技术的发展概况

电气控制技术是随着科学技术的不断发展、生产工艺不断提出新的要求而得到迅速发展的。从最早的手动控制发展到自动控制,从简单的控制设备发展到复杂的控制系统,从有触点的硬接线继电器控制系统发展到以计算机为中心的软件控制系统。现代电气控制技术综合应用了计算机、自动控制、电子技术、精密测量等许多先进的科学技术成果。

作为生产机械动力的电机拖动,已由最早的采用成组拖动方式到单独拖动方式再到生产机械的不同运动部件分别由不同电机拖动的多电动机拖动方式,发展成今天无论是自动化功能还是生产安全性方面都相当完善的电气自动化系统。

继电器—接触器控制系统主要由继电器、接触器、按钮、行程开关等组成,其控制方式是断续的,所以又称为断续控制系统。由于这种系统具有结构简单、价格低廉、维护容易、抗干扰能力强等优点,至今仍是机床和其他许多机械设备广泛采用的基本电气控制形式,也是学习更先进电气控制系统的基础。这种控制系统的缺点是采用固定接线方式,灵活性差,工作频率较低。

从 20 世纪 30 年代开始,机械加工企业为了提高生产效率,采用机械化流水作业生产方式,对不同类型的零件分别组成自动生产线。随着产品机型的更新换代,生产线承担的加工对象也随之改变,这就需要改变控制程序,使生产线的机械设备按新的工艺过程运行,而继电器接触器控制系统是采用固定接线的,很难适应这个要求。大型自动生产线的控制系统使用的继电器数量很多,这种有触点的电器工作频率较低,在频繁动作情况下寿命较短,从而造成系统故障,使生产线的运行可靠性降低。为了解决这个问题,20 世纪 60 年代初期利用电子技术研制出矩阵式顺序控制器和晶体管逻辑控制系统来代替继电器接触器控制系统,对复杂的自动控制系统则采用电子计算机控制,由于这些控制装置本身存在某些不足,因此均未能获得广泛应用。1968 年美国最大的汽车制造商——通用汽车(GM)公司为适应汽车型号不断更新,提出把计算机的完备功能以及灵活性、通用性好等优点和继电器接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格低等优点结合起来,做成一种能适应工业环境的通用控制装置,并把编程方法和程序输入方式加以简化,使得不熟悉计算机的人员也能很快掌握它的使用技术。根据这一设想,美国数字设备公司(DEC)于 1969 年率先研制出第一台可编程控制器(Programmable Logic Controller,简称 PLC),在通用汽车公司的自动装配线上试用获得成功。从此以后,许多国家的著名厂商竞相研制,各自形成系列,而且品种更新很快,功能不断增强,从最初的逻辑控制为主发展到能进行模拟量控制,具有数据运算、数据处理和通信联网等多种功能。PLC 另一个突出优点是可靠性很高,平均无故障运行时间可达 10 万小时以上,可大大减少设备维修费用和停产造成的经济损失。当前 PLC 已经成为电气自动控制系统中应用最为广泛的核心装置。

数控技术在电气自动控制中占有十分重要的地位。1952 年美国研制成第一台三坐标数控铣床,它综合应用了当时电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的最新技术成就,成为一种新型的通用性很强的高效自动化机床,它标志着机

械制造技术进入了一个新阶段。随着微电子技术的发展,由小型或微型计算机再加上通用或专用大规模集成电路组成的计算机数控装置(CNC)性能更为完善,几乎所有的机床品种都实现了数控化,出现了具有自动更换刀具功能的数控加工中心机床(MC),工件在一次装夹中可以完成多种工序的加工。数控技术还在绘图机械、坐标测量机、激光加工机、火焰切割机等设备上得到了广泛的应用,取得了良好的效果。

自 20 世纪 70 年代以来,电气控制相继出现了直接数字控制(DDC)系统,柔性制造系统(FMS),计算机集成制造系统(CIMS),综合运用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、智能机器人、集散控制系统(DCS)、现场总线控制系统等多项高技术,形成了从产品设计与制造和生产管理的智能化生产的完整体系,将自动制造技术推进到更高的水平。

综上所述,电气控制技术的发展始终是伴随着社会生产规模的扩大、生产水平的提高而前进的。电气控制技术的进步反过来又促进了社会生产力的进一步提高;同时,电气控制技术又是与微电子技术、电力电子技术、检测传感技术、机械制造技术等紧密联系在一起。当前科学技术继续在突飞猛进地向前发展,21 世纪的今天,电气控制技术必将达到更高的水平。

## 2 本课程的性质与任务

本课程是一门实用性与实践性很强的专业课,主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍继电器接触器控制系统和 PLC 控制系统的工作原理、典型机械的电气控制线路以及电气控制系统的设计方法。当前 PLC 控制系统应用十分普遍,已经成为实现工业自动化的主要手段。但是,根据我国当前情况,继电器接触器控制系统仍然是机械设备最常用的电气控制方式,而且低压电器正在向小型化、长寿命发展,出现了功能多样的电子式电器,使继电器接触器控制系统性能不断提高,因此它在今后的电气控制技术中仍然占有相当重要的地位;PLC 是计算机技术与继电器接触器控制技术相结合的产物,而且 PLC 的输入、输出仍然与低压电器密切相关,因此掌握继电器接触器控制技术也是学习和掌握 PLC 应用技术所必需的基础。

课程的目标是培养实际应用的能力,具体要求是:

- ①熟悉常用控制电器的结构原理、用途,具有合理选择、使用主要控制电器的能力。
- ②熟练掌握继电器接触器控制线路的基本环节,具有阅读和分析电气控制线路的工作原理的能力。
- ③熟悉典型设备的电气控制系统,具有从事电气设备安装、调试、维修和管理等知识。
- ④掌握 PLC 的基本原理及编程方法,能够根据工艺过程和控制要求进行系统设计和编写应用程序。
- ⑤具有设计和改进一般安全机械设备电气控制线路的基本能力。

# 目 录

前言

绪论

<b>1 常用低压电器</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.2 接触器 .....	6
1.3 继电器 .....	10
1.4 主令电器 .....	19
1.5 其他常用低压电器 .....	22
习题 .....	31
<b>2 继电器—接触器控制系统的基本控制电路</b> .....	32
2.1 组成电气控制线路的基本环节 .....	32
2.2 电气线路中的保护措施 .....	37
2.3 鼠笼式异步电动机的启动控制线路 .....	39
2.4 鼠笼式异步电动机的制动控制线路 .....	43
2.5 调速控制线路 .....	45
2.6 组合机床控制电路基本环节 .....	46
习题 .....	51
<b>3 电气控制在生产中的应用</b> .....	53
3.1 车床的电气控制电路 .....	54
3.2 磨床的电气控制系统 .....	58
3.3 钻床的电气控制 .....	61
3.4 铣床的电气控制电路 .....	67
3.5 镗床的电气控制 .....	73
3.6 深钻孔组合机床的电气控制 .....	78
3.7 桥式起重机的电气控制电路 .....	80
习题 .....	85
<b>4 继电器—接触器控制系统的设计</b> .....	87
4.1 电气控制线路的绘制原则、图形及文字符号 .....	87
4.2 电气控制线路的一般设计方法 .....	95
4.3 继电器—接触器控制系统的设计实例 .....	100
<b>5 可编程控制器概述</b> .....	125
5.1 可编程控制器的产生与发展 .....	125
5.2 可编程控制器的定义和特点 .....	126
5.3 可编程控制器的分类及应用 .....	127

5.4	可编程控制器的组成及工作原理 .....	128
5.5	可编程控制器的编程语言 .....	132
5.6	可编程控制器的一般技术指标 .....	138
	习题 .....	141
<b>6</b>	<b>可编程控制器的基本逻辑指令 .....</b>	<b>142</b>
6.1	概述 .....	142
6.2	可编程控制器的基本逻辑指令 .....	143
6.3	应用基本指令的编程 .....	153
6.4	编程举例 .....	154
	习题 .....	157
<b>7</b>	<b>可编程控制器的步进顺控指令 .....</b>	<b>159</b>
7.1	步进顺控的基本指令 .....	159
7.2	状态元件和状态转移图 .....	159
7.3	分支和汇合的编程方法 .....	162
7.4	步进顺控的应用和编程实例 .....	164
	习题 .....	170
<b>8</b>	<b>可编程控制器的功能指令 .....</b>	<b>171</b>
8.1	概述 .....	171
8.2	功能指令的基本概念 .....	173
8.3	程序流控制指令 .....	176
8.4	传送及比较指令 .....	180
8.5	四则运算及逻辑运算 .....	183
8.6	移位、复位及数据处理指令 .....	185
8.7	方便指令 .....	191
<b>9</b>	<b>PLC 控制系统的设计与应用 .....</b>	<b>194</b>
9.1	PLC 控制系统的设计概述 .....	194
9.2	PLC 控制系统的程序设计 .....	199
9.3	可编程控制器系统设计与应用实例 .....	203
<b>10</b>	<b>手持编程器及编程软件的使用 .....</b>	<b>216</b>
10.1	手持编程器及其使用 .....	216
10.2	编程软件及其使用 .....	219
	参考文献 .....	225



# 1 常用低压电器

## 1.1 概 述

在工业、农业、交通、国防以及人们生活等用电部门中,大多数采用低压供电。低压供电的输送、分配和保护是依靠刀开关、自动开关以及熔断器等低压电器来实现的,电器元件的质量将直接影响到低压供电系统的可靠性。低压电器的使用则是将电能转换为其他能量,其过程中的控制、调节和保护都是依靠各类接触器和继电器等低压电器来完成的,即无论是低压供电系统还是控制生产过程的电力拖动控制系统均是由用途不同的各类低压电器所组成的。

根据我国电工专业范围的划分与分工,低压电器标准规定,低压电器通常是指工作在交流电压小于1200V、直流电压小于1500V的电路中,起通、断、保护、控制或调节作用的电气设备。随着生产的发展以及工业部门使用电压等级的提高,低压电器的电压等级范围也相应提高。

### 1.1.1 低压电器的分类

由于低压电器的职能、品种和规格的多样化,工作原理也各异,因而有不同的分类方法。根据其及使用系统间的关系,习惯上按用途可分为以下几类:

#### (1) 低压配电电器

主要用于低压供电系统。这类低压电器包括刀开关、自动开关、隔离开关、转换开关以及熔断器等。对这类电器的主要技术要求是分断能力强,限流效果好,动稳定及热稳定性好。

#### (2) 低压控制电器

主要用于电力拖动控制系统。这类低压电器包括接触器、继电器、控制器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,操作频率要高,电器和机械寿命要长。

#### (3) 低压主令电器

主要用于发送控制指令的电器。这类电器包括按钮、主令开关、行程开关和万能转换开关等。对这类电器的主要技术要求是操作频率要高,抗冲击,电器和机械寿命要长。

#### (4) 低压保护电器

主要用于对电路和电气设备进行安全保护的电器。这类低压电器包括熔断器、热继电器、安全继电器、电压继电器、电流继电器和避雷器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,反应要灵敏,可靠性要高。

#### (5) 低压执行电器

主要用于执行某种动作和传动功能的电器。这类低压电器包括电磁铁、电磁离合器等。低压电器还可以按操作方式分为自动电器和手动电器。此外,还可按使用场合分为一般工业用电器、特殊工矿用电器、安全电器、农用电器及牵引电器等。

## 1.1.2 低压电器的基本结构

### 1.1.2.1 触头

触头是电器的执行部分,起通、断电路的作用,应具有良好的导电、导热性能。触头通常由铜制成,也有些电器,如继电器等,其触头也常用银制成。触头的结构形式有:

#### (1) 桥式触头

如图 1-1(a)、(b) 所示。电路的通、断由两触点完成,适用于接触压力小、电流不大的情况。

#### (2) 指形触头

如图 1-1(c) 所示。触头接通时,压力较大,产生滚动摩擦,利于消除铜表面因高温而生成的氧化铜厚膜层。这种形式适用于电流大、接触次数多的场合。

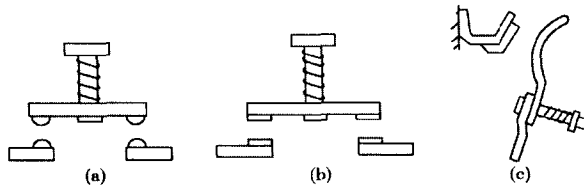


图 1-1 触点的结构形式

### 1.1.2.2 电弧

在大气中开断电路时,当开断电路电流大于某一数值(根据触头材料不同,其值在 0.25~1A 之间)、两触头间的电压超过某一数值(根据触头材料不同,其值在 12~20V 之间)时,触头间隙就会产生电弧。电弧实际上就是触头间气体在强电场作用下产生的放电现象。电弧一方面使电路保持导通状态而延迟了电路的开断,另一方面会烧坏触头,缩短电器的使用寿命,因此要采取适当的措施熄灭电弧。常用的方法有:

#### (1) 电动力灭弧

如图 1-2(a)、(b)、(c) 所示。当触头打开时,在断口产生电弧,电弧所产生的磁场以  $\times$  来表示,根据左手定则,电弧受到一个向外的电动力作用,使电弧拉长并迅速穿越冷却的介质,加快冷却而熄灭。

#### (2) 磁吹灭弧

如图 1-2(d) 所示。在触头电路中串入一磁吹线圈,它产生的磁场以  $\times$  表示,该磁场由导磁片引向触头周围。电弧电流受到磁力的向外作用,使电弧拉长并进入灭弧罩,把热量传给冷却的灭弧罩壁,使电弧很快熄灭。

#### (3) 窄缝灭弧

如图 1-2(e)、(g) 所示。利用灭弧罩窄缝来实现。灭弧罩内只有一个纵缝,当触头断开时,电弧在电动力的作用下进入窄缝,使电弧与缝壁接触,加速冷却,从而迅速熄灭电弧。灭弧罩一般由耐高温的石棉、水泥、陶土等材料制作。

#### (4) 栅片灭弧

如图 1-2(f) 所示。灭弧栅片由多片镀铜薄钢片组成,安放在触头的上方,彼此绝缘。当产生电弧时,由于金属栅片磁阻比空气小得多,因此,电弧进入灭弧栅后,被分割成数段短弧。此时,每两对栅片可以看成是一对电极,每个栅片间的电压不足以达到电弧燃烧电压,同时,栅片吸收电弧能量,使其迅速冷却,这样电弧进入灭弧栅后就会很快熄灭。

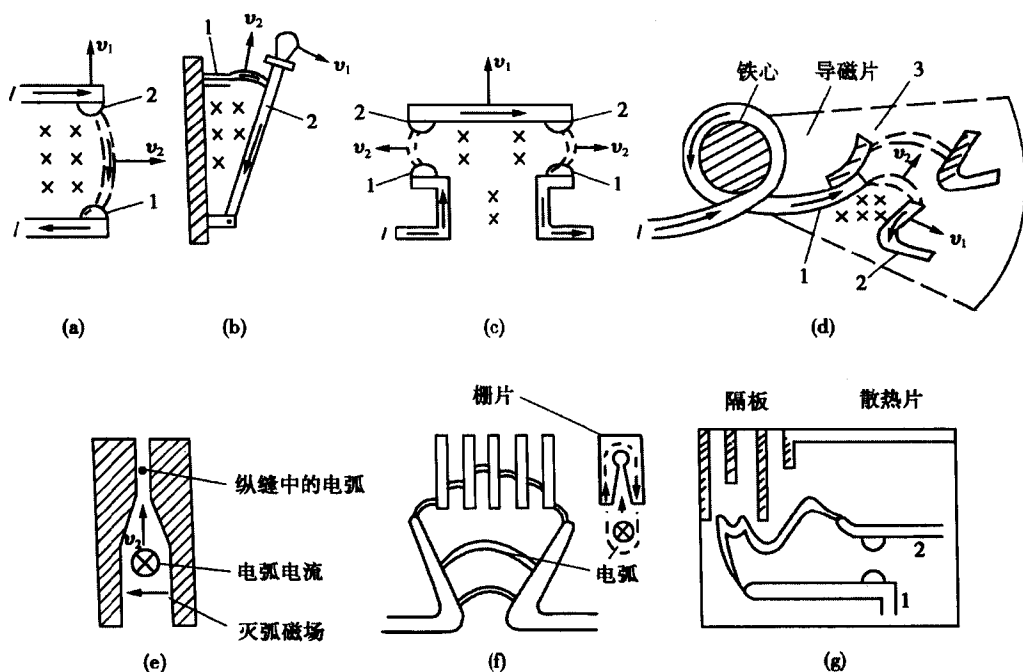


图 1-2 灭弧措施

1—静触点；2—动触点；3—引弧角； $v_1$ —动触点移动速度； $v_2$ —电弧在磁场力作用下移动速度

### 1.1.2.3 电磁机构

电磁机构通常采用电磁铁的形式，由吸引线圈、铁心、衔铁三大部分组成，其结构形式按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式。图 1-3 和图 1-4 是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。铁心由电工钢片叠合成一闭合磁路，当线圈通电后，磁通通过铁心，衔铁受到电磁力作用，朝铁心方向运动，衔铁在受到磁力作用的同时受到弹簧的反作用拉力，当电磁力大于弹簧反作用时，衔铁吸合；反之，衔铁释放。

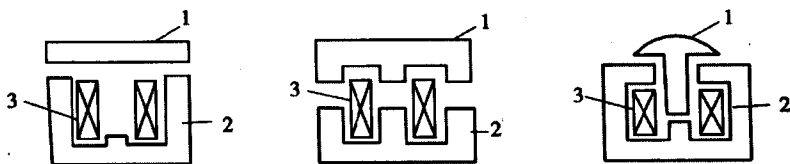


图 1-3 直动式电磁机构

1—衔铁；2—铁心；3—吸引线圈

电磁机构中的线圈一般跨接在电源电压两端，称为电压线圈。衔铁被释放的释放电压与被吸合的最低电压的比值称为电压返回系数，用  $K_v$  表示，即：

$$K_v = \frac{U_{\text{释放}}}{U_{\text{吸合}}} \quad (1-1)$$

电磁机构中的线圈若是串接在回路中，称为电流线圈。同理，衔铁被释放的释放电流与被吸合的最低

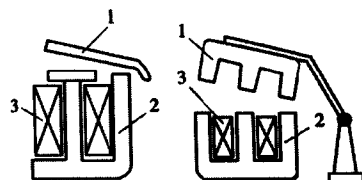


图 1-4 拍合式电磁机构

1—衔铁；2—铁心；3—吸引线圈

电流的比值称为电流返回系数,用  $K_I$  表示,即:

$$K_I = \frac{I_{\text{释放}}}{I_{\text{吸合}}} \quad (1-2)$$

返回系数是反映电磁式电器灵敏度的参数,其值越大,电器的灵敏度越高;反之,灵敏度越低。电压线圈并联在线路上,为减少分流作用,降低对原电路的影响,需要较大的阻抗,因此线圈的导线细且匝数多。电流线圈串接在线路中,流过的电流大,为减少对电路的影响,线圈的导线粗,匝数少,线圈的阻抗较小。

电磁机构中通入直流电的线圈称直流线圈,通入交流电的线圈称交流线圈。对于直流线圈,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、高而薄的瘦高型,以改善线圈自身散热。铁心和衔铁由软钢或工程纯铁制成。对于交流线圈,除线圈发热外,由于铁心中有涡流和磁滞损耗,铁心也会发热。为了改善线圈和铁心的散热情况,在铁心与线圈之间留有散热间隙,而且把线圈做成有骨架的矮胖型。铁心用硅钢片叠成,以减少涡流。

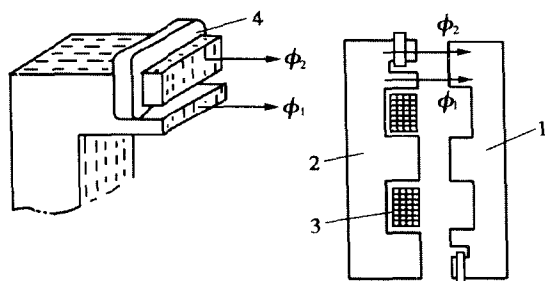


图 1-5 交流电磁铁的短路环  
1—衔铁;2—铁心;3—线圈;4—短路环

在交流电磁机构中,电磁力呈周期性变化,常会产生振动,发出噪声,为了消除这种现象,常采用的办法是:在铁心的端部开一个槽,槽内嵌入短路环(称为分磁环的铜环),如图 1-5 所示。当励磁线圈通交流电时,铁心有磁通  $\phi_1$  通过,短路环中有感应电流产生,该电流又产生一磁通  $\phi_2$ ,磁通  $\phi_1$  和  $\phi_2$  不同时为零,使线圈通电时电磁力始终大于弹簧作用力,从而消除振动和噪声。

#### 1.1.2.4 低压控制电器的主要技术参数

常用的低压控制电器的主要技术参数有:

##### (1) 主参数的额定工作电压和额定工作电流

额定工作电压是指在规定条件下,能保证电器正常工作的电压值,通常是指触点的额定电压值,有电磁机构的控制电器还规定了电磁线圈的额定工作电压。

额定工作电流是根据电器的具体使用条件确定的电流值,它和额定电压、电网频率、额定工作制、使用类别、触点寿命及防护等级等因素有关。

##### (2) 通断能力

控制电器的接通能力是指开关闭合时不会造成触点熔焊的能力;而断开能力是指开关断开时可靠灭弧的能力。

##### (3) 使用寿命

使用寿命包括机械寿命和电寿命。机械寿命是指电器在无电流情况下能操作的次数。电寿命是指在规定条件下不需修理或更换零件的负载操作次数。

##### (4) 使用类别

按国标 GB2455-85,将控制电器主触点和辅助触点的标准使用类别列于表 1-1。

表 1-1 控制电器触点的标准使用类别

触点	电流种类	使用类别	典型用途举例
主触点	交流	AC-1	无感或微感负载、电阻炉
		AC-2	绕线转子异步电动机的启动、分断
		AC-3	笼型异步电动机的启动、运转中分断
		AC-4	笼型异步电动机的启动、反接制动、反向、点动
	直流	DC-1	无感或微感负载、电阻炉
		DC-3	并励电动机的启动、点动与反接制动
		DC-5	串励电动机的启动、点动与反接制动
辅助触点	交流	AC-11	控制交流电磁铁
		AC-14	控制小容量( $\leq 72\text{VA}$ )电磁铁负载
		AC-15	控制容量大于 72VA 的电磁铁负载
	直流	DC-11	控制直流电磁铁
		DC-13	控制直流电磁铁,即电感与电阻的混合负载
		DC-14	控制电路中有经济电阻的直流电磁铁负载

### 1.1.2.5 低压电器的型号的表示方法

低压电器用型号来表示不同的电器及不同的参数,具体的规定简单介绍如下。低压电器的型号一般表示为:

低压电器的型号类组代号为:H——刀开关或刀形转换开关(包括刀开关、封闭式负荷开关、转换开关、组合开关等);R——熔断器(包括瓷插式、螺旋式、有填料封闭管式、快速、自复式等);D——自动开关(包括塑料外壳式、框架式等);K——控制(包括鼓形、凸轮、平面型等);C——接触器(交流、直流、通用等);Q——启动器(包括按钮式;电磁式、减压式、手动等);J——控制继电器(电流、时间、温度;速度;热、压力等);L——主令电器(接近开关、主令控制器、主令开关、按钮、行程开关、万能转换开关等);Z——变阻器(铸铁元件、电阻器、硅碳电阻元件等);B——电阻器(滑线式、励磁、启动、旋臂式等);J——调整器(电压);M——电磁铁(启动、液压制动、牵引等);A——其他(包括接线盒、电铃、插销等)。加注通用派生代号含义见表 1-2。

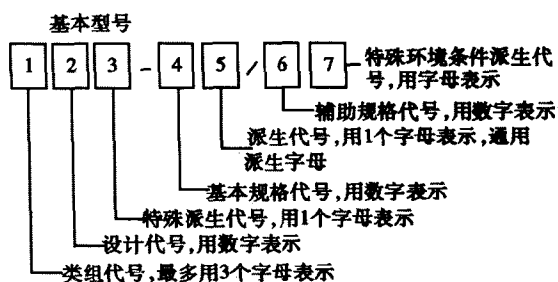


表 1-2 低压电器的加注通用派生代号一览表

派生字母	含义	派生字母	含义
A、B、C、...	结构设计有改进或变化	H	保护式、带缓冲装置
J	交流、防溅式	M	密封式、灭磁
Z	直流、自动复位、防震	Q	防尘式、手车式
N	可逆	L	电流的
W	无灭弧机构	F	高返回、带分励脱扣
P	电磁复位、放滴式、单相、电压的两个电源	K	开启式
S	有锁定机构、手动复位、防水式、三相、双线圈	T	按湿热带临时措施制造
		TH	湿热带
		TA	干热带

## 1.2 接触器

接触器是一种用来频繁接通或断开交直流主电路及大容量控制电路的自动切换电器。它是利用电磁吸力和弹簧反作用配合动作而使触头闭合或分断的一种电器,还具有低压释放保护的功能,并能实现远距离控制,在自动控制系统中应用得相当广泛。接触器按其主触头通过电流的种类不同,可分为直流接触器和交流接触器。图 1-6 为接触器的图形符号及文字符号。

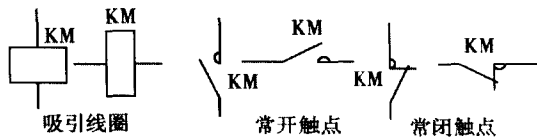
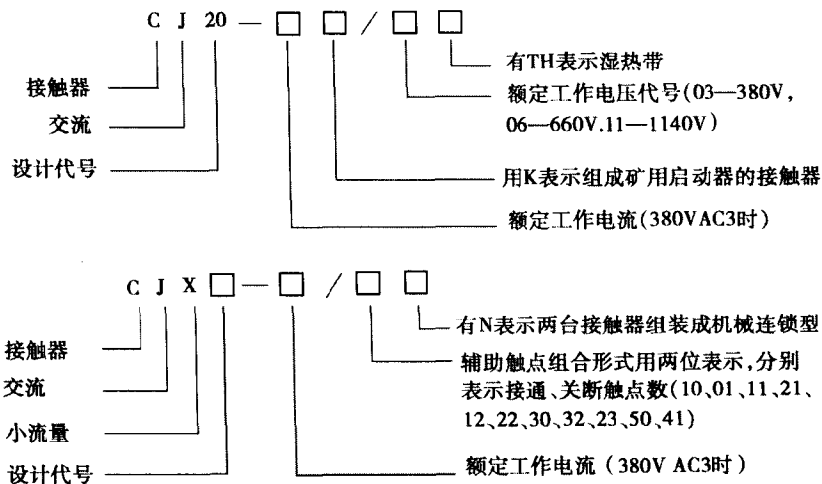


图 1-6 接触器的图形和文字符号

### 1.2.1 交流接触器

交流接触器由电磁机构、触点系统、灭弧装置和其他部件组成。常用的型号有 CJ20、CJX1、CJX2、CJ12、CJ10 和 CJ0 系列。其型号含义说明如下：



CJ0 系列属老产品, 已由 CJ0-A、CJ0-B 等改进型产品予以取代。CJ10、CJ12 系列是早期全国统一设计的系列产品, 使用较为广泛。CJ10X 系列消弧接触器是近年发展起来的新产品, 采用了晶闸管相结合的形式, 避免了接触器在分断时产生电弧的现象, 适用于条件较差、频繁启动和反接制动电路中。CJ20 系列交流接触器是全国统一设计的新型接触器, 主要适用于 50Hz、电压 660V 以下 (其中部分可用于 1100V)、电流 630A 以下

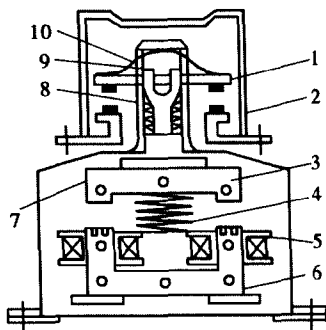


图 1-7 CJ20-63 型交流接触器的结构示意图  
 1—动触点; 2—静触点; 3—衔铁; 4—缓冲弹簧; 5—电磁线圈;  
 6—铁心; 7—毡垫; 8—触点弹簧; 9—灭弧罩; 10—触点压力簧片

的电力线路中。CJ20 为开启式结构，型式为直动式、主体布置、双断点结构。CJ20 - 63 型及以上的接触器采用压铸铝底座，由增强耐弧塑料底板和高强度陶瓷灭弧罩组成三段式结构，触点系统的动触桥为船形结构，具有较高的强度和较大的热容量，静触点选用型材并配以铁质引弧角，便于电弧向外运动，辅助触头安置在主触头两侧，采用无色透明聚碳酸酯做成封闭式结构，防止灰尘侵入。图 1-7 为 CJ20-63 型交流接触器的结构示意图。表 1-3 和表 1-4 分别列出了 CJ10 系列和 CJ20 系列交流接触器的技术参数。

表 1-3 CJ10 系列交流接触器的技术参数

型号	交流 380V 时控制电动机最大功率(kW)	主触头			辅助触头		接通与分析能力			电寿命次数(万次)	机械寿命次数(万次)	动作时间(ms)			
		额定工作电压(V)	额定工作电流(A)	数量	额定电压(V)	数量	电压(V)	接通电流(A)	分断电流(A)			接通	断开		
CJ10-5	2.2	交流 380	5	3	交流 380 直流 220	一常分 二常分 二常合	399	50	60	JK3 类 60	300				
CJ10-10	4		10					120	100					17	21
CJ10-20	10		20					240	200					16	18
CJ10-40	20		40					480	400					23	22
CJ10-60	30		60					720	600					65	40
CJ10-100	50		100					1 200	1 000					66	35
CJ10-150	75		150					1 800	1 500					75	38

表 1-4 CJ20 系列交流接触器的技术参数

额定工作电压 $U_N/V$		220、380、660、140(160A 与 630A)									
AC-3 条件下额定工作电流 $I_N/A$		10	16	25	40	63	100	160	250	400	630
主触点接通与分断能力 (AC-4) $I/I_N$	接通	12 $\left[ \begin{matrix} I_N < 100A \\ 1.1 U_N \end{matrix} \right]$					10 $\left[ \begin{matrix} I_N \geq 100A \\ 1.1 U_N \end{matrix} \right]$				
	分断	10 $\left[ \begin{matrix} I_N < 100A \\ 1.1 U_N \\ \cos \phi = 0.65 \end{matrix} \right]$					8 $\left[ \begin{matrix} I_N \geq 100A \\ 1.1 U_N \\ \cos \phi = 0.35 \end{matrix} \right]$				
每小时操作次数(AC-3)		1 200					600				
电寿命(AC-3)(万次)		100			120			60			
机械寿命(万次)		1 000					600				
辅助触点组合情况		常开	2			4	3	2			
		常闭	2			2	3	4			
吸引线圈	额定电压 $U_N/V$	36、127、220、380			36、127、220、380			127、220、380			
	吸合电压	85% ~ 110% $U_c$			80% ~ 110% $U_c$			85% ~ 110% $U_c$			
	释放电压	75% $U_c$			70% $U_c$			75% $U_c$			
	起动功率 P/W	—	175/82.3	480/152	—	855/325	1710/565	—	3578/790		
	吸持功率 P/W	—	19/5.7	57/16.5	—	85.5/34	152/65	—	250/118		

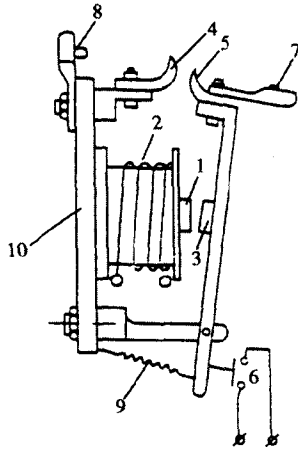


图 1-8 直流接触器的结构示意图  
1—铁心；2—线圈；3—衔铁；4—静触点；  
5—动触点；6—辅助触点；7,8—接线柱；  
9—反作用弹簧；10—底板

### 1.2.2 直流接触器

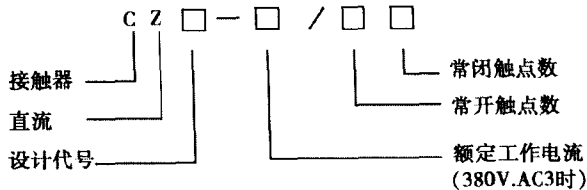
直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同,也是由触点系统、电磁机构、灭弧装置等部分组成;但也有不同之处,电磁机构的铁心中磁通变化不大,故可用整块铸钢做成。由于直流电弧比交流电弧难以熄灭,因此在直流接触器常采用磁吹灭弧装置。图 1-8 所示为直流接触器的结构示意图。

常用的直流接触器有 CZ0、CZ18 系列,是全国统一设计的产品,主要用于电压 440V、额定电流 600A 的直流电力线路中,作为远距离接通和分断线路,控制直流电动机的起动、停车、反接制动等。CZ18 系列直流接触器的主要技术参数如表 1-5 所示。

表 1-5 CZ18 系列直流接触器的主要技术参数

额定工作电压 ( $U_N/V$ )	440				
额定工作电流 ( $I_N/A$ )	40	80	160	315	630
主触点接通与分析能力	接通	$4I_N, 1.1U_N, 25$ 次			
	分断	$4I_N, 1.1U_N, 25$ 次			
额定操作频率 (次/h)	1 200			600	
电寿命 (DC-3) (万次)	50			30	
机械寿命 (万次)	500			300	
辅助触点	组合情况	二常开		二常闭	
	额定发热电源 (I/A)	6		10	
	电寿命 (万次)	50		30	
吸合电压	85% ~ 110% $U_N$				
释放电压	10% ~ 75% $U_N$				

直流接触器的型号含义说明如下:



### 1.2.3 接触器的主要技术参数

接触器的主要技术参数包括额定电压、额定电流、线圈的额定电压和额定电流以及接通和分断能力等。

① 额定电压。接触器铭牌上标注的额定电压是指主触点的额定电压,常用的额定电压等级如表 1-6 所示。



表 1-6 接触器的额定电压和额定电流的等级表

	直流接触器	交流接触器
额定电压/V	110,220,440,660	127,220,380,500,660
额定电流/A	5,10,20,40,60,100,150,250,400,600	5,10,20,40,60,100,150,250,400,600

②额定电流。接触器铭牌上标注的额定电流是指主触点的额定电流,常用的额定电流等级如表 1-6 所示。表中的电流值是接触器安装在敞开式控制屏上,触点工作不超过额定温升,负荷为间断-长期工作制时的电流值。

③线圈的额定电压。常用的额定电压等级如表 1-7 所示。选用时一般交流负载用交流接触器,直流负载用直流接触器,但交流负载频繁动作时可采用直流线圈的交流接触器。

表 1-7 接触器线圈的额定电压等级表 单位:V

直流线圈	交流线圈
24,48,110,220,440	36,110,27,220,380

④接通和分断能力。指主触点在规定条件下能可靠地接通和分断的电流值。在此电流值下,接通时主触点不应发生熔焊;分断时主触点不应发生长时间燃弧。若超出此电流值,其分断则是熔断器、自动开关等保护电器的任务。

根据接触器的使用类别不同对主触点的接通和分断能力的要求也不一样,而不同类别的接触器是根据其不同控制对象(负载)的控制方式所规定的。根据低压电器基本标准的规定,其使用类别比较多。但在电力拖动控制系统中,常见的接触器使用类别及其典型用途如表 1-1 所示。

⑤额定操作频率。指每小时的操作次数。交流接触器最高为 600 次/h,而直流接触器最高为 1200 次/h。操作频率直接影响到接触器的电寿命和灭弧罩的工作条件,对于交流接触器还影响到线圈的温升。

#### 1.2.4 接触器的选择

接触器应合理选择,一般根据以下原则来选择接触器。

##### (1) 接触器类型

交流负载选交流接触器,直流负载选直流接触器,根据负载大小不同,选择不同型号的接触器。

##### (2) 接触器额定电压

接触器的额定电压应大于或等于负载回路电压。

##### (3) 接触器额定电流

接触器的额定电流应大于或等于负载回路的额定电流。对于电动机负载,可按下面的经验公式计算:

$$I_j = 1.3I_e$$

其中: $I_j$  为接触器主触点的额定电流; $I_e$  为电动机的额定电流。

##### (4) 吸引线圈的电压

吸引线圈的额定电压应与被控回路电压一致。