

普通高等教育应用型特色规划教材

[高校教材]

继电控制及 可编程序控制器应用技术

祖龙起 主编



中国轻工业出版社

普通高等教育应用型特色规划教材

继电控制及可编程序 控制器应用技术

祖龙起 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

继电控制及可编程序控制器应用技术/祖龙起主编.

—北京:中国轻工业出版社,2010.6

普通高等教育应用型特色规划教材

ISBN 978-7-5019-7624-9

I. ①继… II. ①祖… III. ①继电保护-高等学校-教材 ②可编程序控制器-高等学校-教材 IV. ①TM77
②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 077243 号

责任编辑:王 淳 张晓媛

策划编辑:王 淳 责任终审:孟寿萱 封面设计:锋尚设计

版式设计:王超男 责任校对:李 靖 责任监印:张 可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印 刷:河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经 销:各地新华书店

版 次:2010年6月第1版第1次印刷

开 本:787×1092 1/16 印张:23.5

字 数:571千字

书 号:ISBN 978-7-5019-7624-9 定价:42.00元

邮购电话:010-65241695 传真:65128352

发行电话:010-85119835 85119793 传真:85113293

网 址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

100485J1X101ZBW

前 言

为适应电气控制新技术尤其是 PLC 技术的迅速发展, 根据高等学校电气工程及自动化专业的教学大纲, 充分考虑了电气控制技术的实际要求和发展, 我们编写了《继电控制及可编程序控制器应用技术》这本教材。

本书深入浅出, 通俗易懂, 突出工程实际应用, 又便于教学, 书中的所有程序、大部分例子都经过上机考证。

全书共九章, 分上、下两篇。上篇为第一至第四章, 主要介绍低压电器的原理、常用低压电器、三相异步电动机基本控制环节与基本电路及电器控制线路设计。下篇为第五至第九章, 主要内容为从 PLC 应用角度出发, 分别用 OMRON CJ1 系列 PLC 和 SIEMENS S7-300 PLC 两种机型为样机, 讲述了 PLC 的原理、指令系统、程序编制、程序设计方法、设计步骤, 并结合实际例子详细介绍了基于 Windows 操作系统下的 CX-ONE 和 STEP7 PLC 编程工具的使用方法。为便于读者自学和上机操作, 每一章的末尾均有适量的思考题与习题。

本书可作为高等院校工业自动化、电气技术及相近专业的教材, 也可作为电气工程技术人员参考书。

本书由大连工业大学祖龙起担任主编, 并负责全书的统稿工作。祖龙起编写了下篇的第五、第六、第七章; 大连工业大学李宝营编写了上篇的第一、第三、第四章; 大连理工大学城市学院于海霞编写了第二章; 天津科技大学段英宏编写了下篇的第八、第九章; 大连工业大学信息学院研究生田甜对本书实例中的程序进行了上机验证和调试; 蒋洋、刘正浩对部分章节进行了校对。

编者

2009 年 12 月

目 录

上篇 电气控制

第一章 常用低压电器元件.....	1
第一节 电器的作用与分类.....	1
第二节 接触器.....	3
第三节 继电器	12
第四节 其它常用低压电器	20
思考题与习题	27
第二章 电气控制的基本规律	28
第一节 电气图的基本知识	28
第二节 电气控制线路分析基础	35
第三节 按联锁控制的基本规律	40
第四节 按控制过程变化参量控制的基本规律	46
思考题与习题	49
第三章 常用典型电气控制线路分析	51
第一节 组合机床常用典型控制线路分析	51
第二节 交流电动机降压启动控制线路分析	53
第三节 交流电动机制动控制线路分析	58
第四节 交流电动机调速控制线路分析	62
思考题与习题	66
第四章 电气控制线路的设计	67
第一节 电气设计的一般原则	67
第二节 电机容量的选择	68
第三节 电气控制线路的设计	73
思考题与习题	81

下篇 可编程序控制器 (PLC)

第五章 OMRON CJ 系列可编程序控制器的基本结构及工作原理	83
第一节 可编程序控制器概述	83
第二节 可编程序控制器的基本结构及工作原理	85
第三节 可编程序控制器的主要技术指标	93
第四节 国内外著名的 PLC 产品介绍	94
第五节 OMRON CJ1 系列 PLC 的基本结构及工作原理	96
第六节 CJ1 系列 PLC 地址分配	105

第七节 OMRON PLC 编程工具及使用	115
思考题与习题	142
第六章 CJ 系列 PLC 的指令系统及编程	143
第一节 编程语言	143
第二节 CJ1 系列 PLC 的基本指令	149
第三节 常用基本应用程序	167
第四节 CJ1 系列 PLC 的应用指令	173
第五节 模拟量单元	202
思考题与习题	224
第七章 PLC 控制系统设计方法	225
第一节 PLC 控制系统的设计步骤	225
第二节 PLC 输入/输出电路设计	234
第三节 系统供电及接地设计	237
第四节 PLC 软件系统设计	241
第五节 PLC 软件程序设计方法	243
第六节 具有多种控制方式的系统综合设计	280
思考题与习题	286
第八章 西门子 S7-300 系列 PLC 的硬件系统	288
第一节 S7-300 系列 PLC 的特点及构成	288
第二节 S7-300 系列 PLC 的模块性能简介	291
第三节 S7-300 的配置	296
思考题与习题	301
第九章 西门子 S7-300 系列 PLC 基本指令	303
第一节 指令结构和指令系统	303
第二节 位逻辑指令	307
第三节 定时和计数指令	319
第四节 数据处理功能指令	334
第五节 数据运算指令	350
第六节 控制指令	357
思考题与习题	365
参考文献	367

上篇 电气控制

电气控制技术在生产过程、科学研究及其它各个领域的应用十分广泛。电气控制技术涉及面很广，各种电气控制设备种类繁多、功能各异，但就其控制原理、基本线路、设计基础而言是类似的。本篇主要是以电动机或其它执行电器为控制对象，介绍电气控制的基本原理、线路及设计方法，从应用角度出发，培养对电气控制系统的分析和设计的基本能力。

第一章 常用低压电器元件

本章主要介绍电气控制系统中常用的各种低压电器的结构、工作原理和技术规格，不涉及元件的设计，而着重于应用。

第一节 电器的作用与分类

一、电器的作用

电器是一种能根据外界的信号和要求，手动或自动地接通或断开电路，断续或连续地改变电路参数，以实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节用的电气设备。简言之，电器就是一种能控制电的工具。

随着电子技术、自控技术和计算机应用的迅猛发展，一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），并且有些电器元件有其特殊性是不可能完全被取代的，在今后的电气控制技术中继电器接触器控制技术仍占有相当重要的地位。另一方面，可编程序控制器（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。

低压电器通常指工作在交流额定电压 1200V、直流额定电压 1500V 以下的电路中的电器设备。如日常中经常使用的按钮、开关、继电器和接触器等。

二、电器的分类

电器的种类很多，应用广泛，其分类方法很多。

（一）电器的一般分类

1. 按工作职能分

（1）手动操作电器 非自动切换电器，又称手动电器，其工作时要依靠外力（如用手按动）直接操作进行电路切换。

（2）自动控制电器 自动切换电器，自动控制电器，自动保护电器。这种电器工作时依靠本身参数（如电压、电流）的变化或外来信号（如温度、压力、速度等）而自动切换电路，实现自动控制或自动保护。

（3）其它电器 稳压与调压电器，启动与调速电器，检测与变换电器，牵引与传动电器。

2. 按工作电压等级分

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

（2）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。

3. 按电器组合分

单个电器、成套电器、自动化装置。

4. 按有无触点分

有触点电器、无触点电器、混合式电器。

5. 按使用场合分

一般工业用电器、特殊工矿用电器（防爆、防腐等）、农用电器，其它场合（航空、航海、热带、寒带和高原等）用电器。

6. 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、电动机启动器等。

（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。

（二）电力拖动自动控制系统用电器分类

1. 接触器

交流接触器（线圈通以交流电），直流接触器（线圈通以直流电）。

2. 继电器

电磁式继电器：电压继电器、中间继电器、电流继电器等。

时间继电器：直流电磁式、空气阻尼式、电动机式、电子式等。

速度继电器和热继电器等。

3. 自动空气断路器

塑壳式，框架式，组合式。

4. 熔断器

插入式（即管式），螺旋塞式，快速式。

5. 其它电器

按钮、刀闸开关、行程开关、电磁铁、电磁离合器等。

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最大、涉及面最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（或零）电压保护。接触器通常分为交流接触器与直流接触器。

接触器的基本参数有：主触点的额定电流、主触点允许切断电流、触点数、线圈电压、操作频率、动作时间、机械寿命和电气寿命等。

目前生产的接触器，其额定电流最大可达 2500A，允许接通次数为 150~1500 次/h，电气寿命达 50 万~100 万次，机械寿命 500 万~1000 万次。

一、接触器的结构和工作原理

接触器一般是由以下部分组成：电磁机构、触点系统（包括主触点和辅助触点）、灭弧装置、释放弹簧机构和支架底座等部分。接触器的结构简图如图 1-1 所示。图形、文字符号如图 1-2 所示。

接触器的工作原理：当线圈通电后，线圈电流产生磁场，使静铁芯产生电磁吸力吸引衔铁，并带动触点动作，使常闭触点断开，常开触点闭合，两者是联动的；当线圈断电时，电磁力消失，衔铁在释放弹簧的作用下释放，使触点复原，即常开触点断开，常闭触点闭合。现就其主要部分介绍如下。

（一）触点及触点系统的超行程

1. 触点的作用和分类

触点是直接用来接通或断开被控制电路的部件。接触器的触点可以分为主触点和辅助触点，其中主触点用在大电流的电路中，即用来接通或断开负载的主电路；而辅助触点用在较小电流的电路中，即用来接通或断开控制电路。接触器的触点又可以分为常开（动合）触点和常闭（动断）触点，在非激励（即吸引线圈不通电）状态下常开触点处于打开状态，而常闭触点处于闭

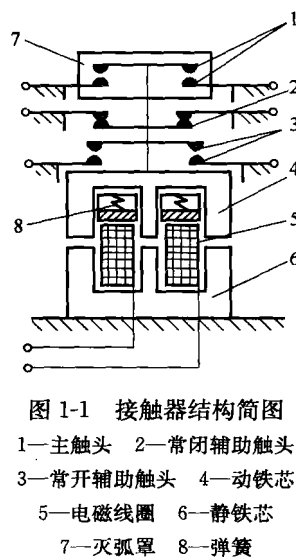


图 1-1 接触器结构简图

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

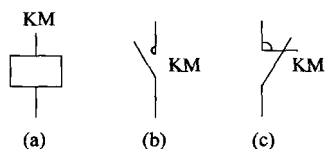


图 1-2 接触器的图形、文字符号

- (a) 线圈 (b) 常开触头
(c) 常闭触头

合状态；在激励（吸引线圈通电）状态下常闭触点先打开并切断被控制的电路，而常开触点后闭合并接通被控制的电路。还可以把触点分为静触点和动触点，在线圈通、断电时，触点静止不动的为静触点，而随着衔铁运动实现闭合或打开的为动触点。

2. 触点的结构形式及适用场合

接触器的触点有以下三种结构形式，即点接触、线接

触和面接触，如图 1-3 所示。

图 1-3 (a) 所示为点接触结构形式，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。点接触型触点常用于小电流的场合，如接触器的辅助触点或继电器的触点。

图 1-3 (b) 所示为线接触，它的接触区域是一条直线。触点在闭合或断开过程是滚动接触，如图 1-4 所示。开始接触时，静动触点在 A 点接触，靠弹簧压力经 B 点滚动到 C 点并在 C 点正常工作。在打开过程中，动触点相反运动，并在 A 点脱离开。这种滚动接触形式，一方面靠弹簧压力可以自动碾碎并清除触点表面的氧化层以保持触点良好的接触性能；同时，其长期工作位置不是在断开电路时易烧灼的 A 点，而是在 C 点，从而保证了触点接触良好可靠。这种指形结构的触点多用于中等容量电流的场合，如接触器的主触点。

图 1-3 (c) 所示为面接触结构形式，它由两个圆柱体组成，其接触区域是一个平面。触点表面镶有合金，以减少触点的接触电阻和提高触点的耐磨性能；其通断过程亦为直线运动。这种结构形式的触点多用于较大容量电流的场合，如较大容量接触器的触点。

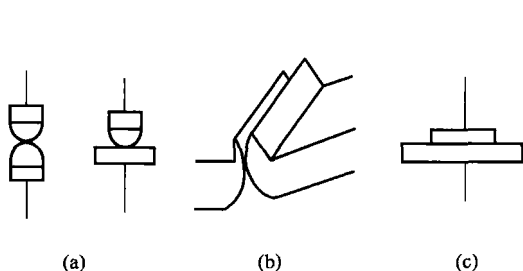


图 1-3 触点的三种结构形式
(a) 点接触 (b) 线接触 (c) 面接触

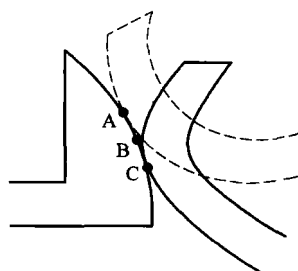


图 1-4 指形触点滚动接触过程

3. 触点系统运动的超行程

触点系统运动过程如图 1-5 所示。

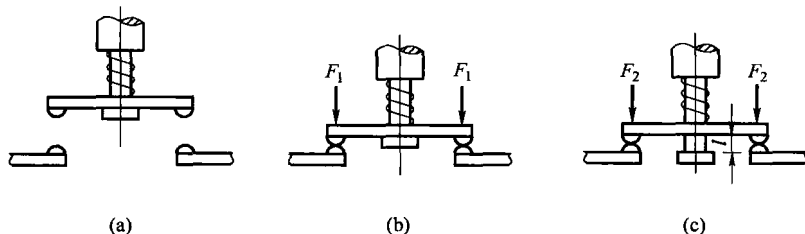


图 1-5 触点运动位置示意图
(a) 最终打开位置 (b) 刚一接触位置 (c) 最终闭合位置

由于触点表面的不平及氧化层的存在，两触点的接触处总有一定的接触电阻。为了减少接触电阻并保证触点牢靠接触，必须在触点间加一定压力。在装配时，使弹簧对动触点先施以一定的压力 F_1 （称初压力）；当动触点刚刚与静触点接触，就将初压力 F_1 传递到静触点上；当衔铁与铁芯完全闭合后，由于弹簧继续变形而产生一终压力 F_2 ，弹簧又压缩动触点进一步运动并最终与静触点闭合。触点在这一段的运动距离称为触点的超行程；

在超行程内弹簧继续受压变形而产生的压力，称为终压力 F_2 。有了超行程，在有震动或触点有些磨损的情况下，仍能保证静动触点可靠接触。但如触点严重磨损，则应及时更换触点。

（二）电弧的产生与危害

1. 电弧的产生

当接触器触点切断电路时，如电路中电压超过 $10\sim 12\text{V}$ 或电流超过 $80\sim 100\text{mA}$ ，在打开的两个触点之间将会出现强烈火花，这实际上是一种气体放电现象，通常称为“电弧”。电弧就是在触点断开瞬间，由于动静触点间距离极小，电场强度极大，动静触点间产生大量的带电粒子，加速运动后形成灼热的电子流，产生弧光放电现象。

2. 电弧的危害性

电弧的存在对电器和电路都会造成不良影响。在触点断开时所产生的电弧，使要断开的电路实际上并没有及时断开而影响控制的准确性；电弧产生的高温会使触点氧化和烧灼；严重的时候，电弧向四周喷溅也会损坏电器及其它设备，甚至造成短路事故。

（三）灭弧及灭弧装置

1. 灭弧

欲使电弧熄灭，应该设法降低电场强度和电弧的温度以加强消电离速度并减弱电离速度。当电离速度大大低于消电离速度时，电弧就会很快熄灭。由此，采用了各种灭弧措施，设计了各种灭弧装置。

2. 灭弧装置及其适用场合

根据上述灭弧原则，常用的灭弧装置有以下几种。

（1）磁吹式灭弧装置 磁吹式灭弧装置如图 1-6 所示。图中表示静动触点刚一打开并形成电弧的情况。这种灭弧装置是由磁吹线圈 3、灭弧罩 5、灭弧角 6 等部分组成的。磁吹线圈由扁铜条弯成并串在负载电路中，中间装有铁芯 1，它们之间有绝缘套筒 2；铁芯两端装有两片铁质的导磁夹板 4，放在灭弧罩内的触点就处在夹板之间。磁吹线圈和触点串联，流过触点的负载电流也流过磁吹线圈。负载电流的方向如图所示。触点刚一打开时产生电弧，电弧电流在电弧四周形成一个磁场，其方向可以用右手螺旋法则来确定。在电弧上方磁通方向是离开纸面的，用 $\odot$ 来表示；在电弧下方磁通方向是进入纸面的，用 $\otimes$ 来表示。流过磁吹线圈的电流在铁芯 1 中产生磁通并经过一边夹板，穿过夹板的间隙进入另一边夹板而形成闭合磁路，其方向如图所示，用 $\times$ 来表示。这样，在电弧上方，流过磁吹线圈的电流形成的磁通方向与电弧电流所产生的磁通方向正好相反，于是电弧上方的磁通被削弱而减小；而在电弧的下方，则由于两个磁通的方向相同，磁通增强。受到磁场力 F 的作用，电弧将从磁场强的一边拉向磁场弱的一边。这样一来，电弧就向上运动而被拉长。灭弧角 6 与静触点相接，其作用是引导电弧向上快速运动。由于电弧自下而上地迅速拉长并和空气发生了相对运动，这就不仅相当

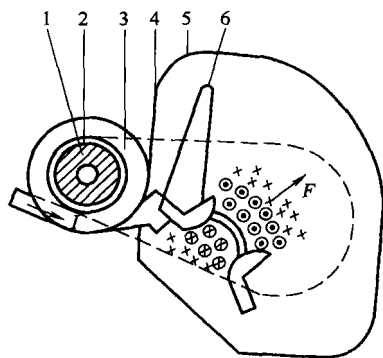


图 1-6 磁吹式灭弧装置

1—铁芯 2—绝缘管 3—磁吹线圈
4—导磁夹板 5—灭弧罩 6—灭弧角

于降低电场强度，还实际使电弧温度降低，起到冷却和去游离的作用，促使电弧熄灭。此外，电弧在向上运动时被不断拉长，相当于不断降低电场强度。当电源电压不足以维持电弧燃烧时，电弧熄灭。

由上可见，磁吹式灭弧装置的灭弧原理是靠磁吹力的作用，使电弧在空气中迅速拉长并同时进行冷却从而使电弧熄灭的。因此，电弧电流越大，灭弧能力也越强。当电流方向改变时，磁场方向也同时改变，但电弧受到的磁吹力方向不变，电弧仍向上移动，其灭弧作用相同。这种灭弧装置广泛用于直流接触器中。原因是直流接触器灭弧较难，一般用灭弧能力较强的磁吹式灭弧装置；而交流接触器灭弧容易（交流过零），通常可用灭弧栅和灭弧罩灭弧。

(2) 灭弧栅灭弧装置 灭弧栅灭弧原理如图 1-7 所示。灭弧栅是由许多镀铜薄钢片组成，片间距离为 $2 \sim 3\text{mm}$ ，把它安放在触点上方

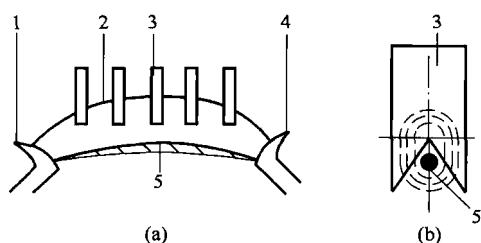


图 1-7 灭弧栅灭弧原理

(a) 栅片灭弧罩原理 (b) 电弧进入栅片的图形

1—静触点 2—短电弧 3—灭弧栅
4—动触点 5—电弧

点上方的灭弧罩中（图中未画出灭弧罩）。一旦触点打开并产生电弧，电弧周围产生磁场，导磁钢片就将电弧吸入栅片之间。电弧被栅片分割成许多串联的短电弧，当交流电压过零时电弧自然熄灭。两栅片间必须有 $150 \sim 250\text{V}$ 的电弧电压时，电弧方能重新燃烧。这样，一方面电源电压不足以维持电弧，同时由于栅片及灭弧罩的散热冷却作用，电弧自然熄灭后很难重燃起来。这种灭弧方法多用于交流接触器中。

(3) 灭弧罩 比灭弧栅更为简单的是采用一个用陶土和石棉水泥制成的耐高温的灭弧罩装置，用以降低电弧的温度和隔离电弧，并有效地防止电弧喷溅而损坏电器及其它设备。灭弧罩可用于交流和直流灭弧。

(4) 多断点灭弧 多断点灭弧又称桥式触点灭弧。在交流电路中多采用桥式触点来增强灭弧能力。电磁机构如图 1-8 所示。它有两处断开点，相当于两对电极，若有一处断开点要使电弧熄灭后重燃需要 $150 \sim 250\text{V}$ ，现两处断点就需要 $2 \times (150 \sim 250)\text{V}$ ，所以有利于灭弧。若采用双极或三极接触器控制一个电路时，根据需要可灵活地将两个极或三个极串联起来当做一个触点使用，这组触点便成为多断点，加强了灭弧效果。

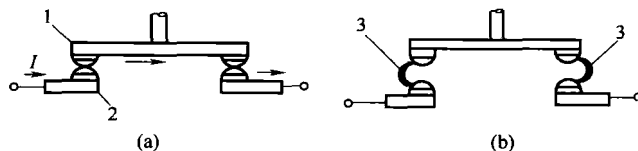


图 1-8 桥式触点

(a) 闭合状态 (b) 断开状态

1—动触点 2—静触点 3—电弧

(四) 电磁机构及其工作原理

1. 电磁机构的作用和组成

电磁机构是接触器的主要组成部分之一，它将电磁能转换成机械能，带动触点使之闭合或断开，从而接通或断开被控制的电路。电磁机构由吸引线圈和磁路两部分组成。磁路系统包括铁芯、衔铁、铁轭和空气隙。

2. 电磁机构的分类

(1) 按衔铁的运动方式分

1) 衔铁绕棱角转动，如图 1-9 (a) 所示。衔铁绕铁轭的棱角而转动，磨损较小，铁芯用软铁制成。适用于直流接触器。

2) 衔铁绕轴转动，如图 1-9 (b) 所示。衔铁绕轴转动，铁芯用硅钢片叠成。用于交流接触器。

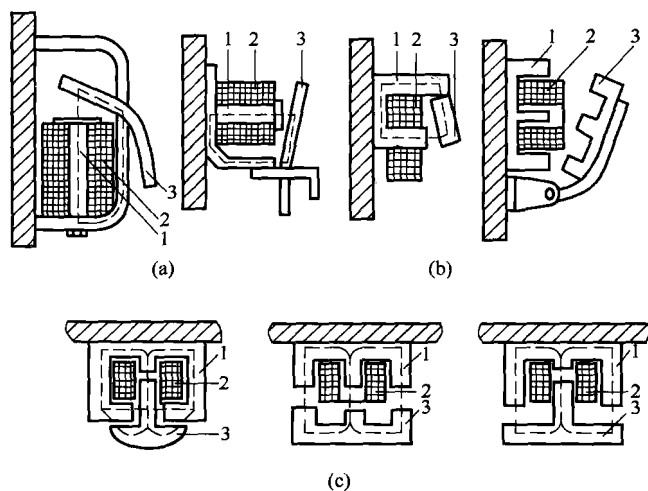


图 1-9 常用电磁机构的形式

1—铁芯 2—线圈 3—衔铁

3) 衔铁作直线运动，如图 1-9 (c) 所示。衔铁在线圈内作直线运动，铁芯用硅钢片叠成。多用于交流接触器。

(2) 按磁路系统形状分 电磁机构可分为 U 形和 E 形。如图 1-9 所示。

(3) 按吸引线圈的连接方式分 可分为并联（电压）线圈和串联（电流）线圈两种。

(4) 按吸引线圈的电流种类分 可分为直流线圈和交流线圈两种。

3. 电磁机构的工作原理

电磁机构的工作原理可以用其吸力特性和反力（亦称阻力）特性来描述。

(1) 电磁机构的吸力特性 电磁机构的吸力 F 与气隙 δ 之间的关系曲线称为吸力特性。电磁机构的吸力一般可以近似地按下面公式来求得：

$$F = \frac{1}{2\mu_0} B^2 S$$

式中 F ——电磁机构的吸力

B ——磁通密度

S ——吸力处铁芯端面积

μ_0 ——介电常数， $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$

当 S 为常数时, 吸力 F 与 B^2 成正比。

电磁机构的吸力大小随励磁电流的种类 (交流或直流)、吸引线圈的连接方式 (串联或并联) 的不同而有所差异。

1) 具有电压线圈的直流电磁机构吸力特性, 因外加直流电压和线圈的电阻不变, 所以流过吸引线圈的电流为常数, 它与磁路系统的气隙大小无关。根据磁路定律, 磁通 Φ 可表示为:

$$\Phi = \frac{IN}{R_m} \propto \frac{1}{R_m}$$

式中 Φ ——磁通

I ——电流

N ——线圈匝数

R_m ——磁阻

我们已知:

$$\Phi = BS$$

所以吸力 F 可看作:

$$F \propto B^2 \propto \Phi^2 \propto \left(\frac{1}{R_m}\right)^2$$

而气隙 δ 与磁阻 R_m 之关系为:

$$F \propto \left(\frac{1}{\delta}\right)^2$$

可见, 电磁机构的吸力与磁阻平方成反比, 即与气隙平方成反比。如图 1-10 所示, 这样吸力特性为二次曲线形式, 它表明衔铁闭合前后吸力变化很大, 而线圈电流为常数不变。由此可知直流接触器的吸力特性较好。

2) 具有电压线圈的交流电磁机构吸力特性: 设外加交流电压不变, 交流吸引线圈的阻抗主要取决于线圈的电抗, 即其电阻可以忽略不计。这样:

$$U = 4.44 f \Phi N$$

$$\Phi = \frac{U}{4.44 f N}$$

式中 U ——外加交流电压

f ——交流电频率

当电源频率 f 、电源电压 U 和线圈匝数 N 均为常数时, 磁通 Φ 为常数, 即磁通密度 B 为常数, 故吸力 F 也为常数。它说明交流电磁机构的吸力 F 与气隙 δ 的大小无关。但是实际上, 由于漏磁的大小随着气隙大小而略有变化, 所以吸力 F 随气隙 δ 的减小略有增加。如图 1-11 所示。当气隙 δ 变化时, 为保持磁通 Φ 不变, 线圈的电流 I 与气隙 δ 成线性关系。一般 U 形交流电磁机构在线圈刚一通电而衔铁尚未吸合瞬间, 其电流可达到吸合后额定电流的 5~6 倍, E 形电磁机构将达到 10~15 倍。如果衔铁因故被卡住不能吸合, 或频繁动作, 线圈就可能过热烧毁。实际使用中, 对于可靠性要求高、或频繁动作的控制系统采用直流电磁机构, 而不采用交流电磁机构。

(2) 电磁机构的反力特性 反力特性又称阻力特性, 它是电磁机构转动部分的静阻力

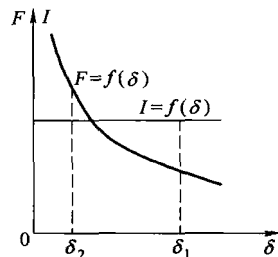


图 1-10 直流电磁机构
吸力特征

δ_1 —线圈刚一得电时的气隙
 δ_2 —静动触点刚一接触时的气隙

F_0 与气隙 δ 的关系特性, 如图 1-12 所示。阻力的大小与作用弹簧、摩擦力及衔铁重量等有关。在 $\delta_1 \sim \delta_2$ 区域内, 阻力数值随气隙减小略有增加; 到达 δ_2 位置时因动触点刚与静触点接触, 把动触点上的弹簧初压力作用到静触点上, 造成阻力突然增大, 曲线突变; 在 $\delta_2 \sim 0$ 区域内, 气隙越小, 触点压得越紧, 阻力也越大, 曲线较前更陡些。

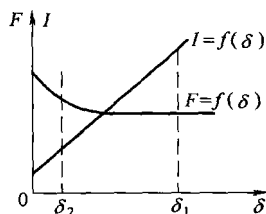


图 1-11 交流电磁机构的吸力特征

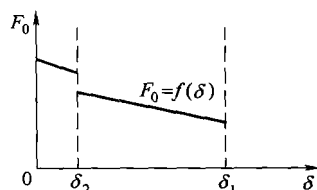


图 1-12 电磁机构的反力特性

(3) 吸力特性与反力特性的配合关系 吸力特性与反力特性的配合关系如图 1-13 所示。要保证衔铁可靠吸合, 在整个吸合过程中吸力必须处处大于反力, 但又不能大得太多, 否则, 造成衔铁与铁芯每次吸合时都会狠狠撞击而影响机器的机械寿命。上述特性关系对继电器也同样适用。

在使用过程中, 常常调整反力弹簧或触点的初压力、以改变反力特性来保证吸力特性与反力特性的良好配合。

4. 短路环及其应用

在单相交流电磁机构中, 由于电源电压是交流变化的, 其形成的磁通也是交变的。当电压过零时磁通

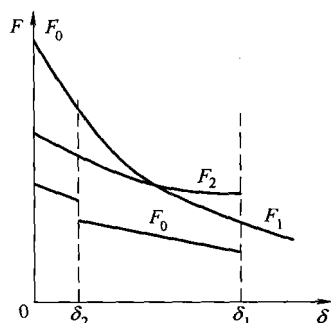


图 1-13 电磁机构的反力特性

也过零, 它产生的吸力也为零, 吸合了的衔铁在反力作用下将被拉开; 当磁通过零后又增大时吸力也增大, 在吸力大于反力后衔铁又吸合。由于交流电源频率为 50Hz, 所以吸力随之每个周波有两次过零, 因而衔铁将会产生强烈振动与噪声, 严重时会使铁芯松散。这不仅影响电器的机械寿命, 而且影响被控制电路可靠接通。但是, 只要在交流接触器的铁芯端面上安装一个铜制的短路环 (又称分磁环), 使铁芯通过两个在时间上不相同的磁通就可以了。

图 1-14 所示电磁机构中, 交变磁通穿过短路环所包围的截面 S_2 , 在环中产生涡流。由电磁感应定律知道, 此涡流产生磁通 Φ_2 , 它在相位上落后于截面 S_1 中的磁通 Φ_1 。由

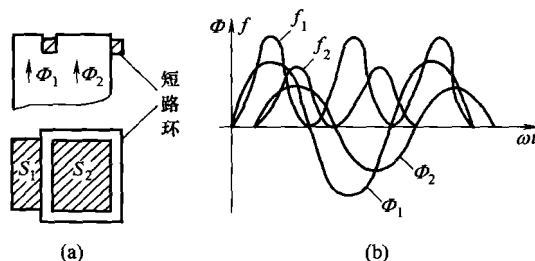


图 1-14 加了短路环节后磁通与吸力

(a) 磁通示意图 (b) 吸力示意图

Φ_1 与 Φ_2 分别产生吸力 f_1 和 f_2 ，共同作用在衔铁上的合力 $f_1 + f_2$ 只要始终超过反力，则可防止衔铁的振动产生，保证触点可靠吸合，接通控制电路，从而提高电器的机械寿命。

二、交、直流接触器的特点

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。

（一）交流接触器

交流接触器线圈通以交流电，主触头接通、分断交流主电路。

当交变磁通穿过铁芯时，将产生涡流和磁滞损耗，使铁芯发热。为减少铁损，铁芯用硅钢片冲压而成。为便于散热，线圈做成短而粗的圆筒状绕在骨架上。为防止交变磁通使衔铁产生强烈振动和噪声，交流接触器铁芯端面上都安装一个铜制的短路环。

交流接触器的灭弧装置通常采用灭弧罩和灭弧栅。

（二）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。

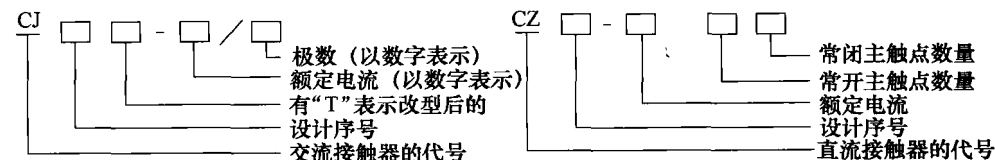
直流接触器铁芯中不产生涡流和磁滞损耗，所以不发热。铁芯可用整块钢制成。为散热良好，通常将线圈绕制成长而薄的圆筒状。

250A 以上的直流接触器采用串联双绕组线圈。

直流接触器灭弧较难，一般采用灭弧能力较强的磁吹灭弧装置。

三、接触器的主要技术参数及其选择

（一）接触器的型号表示法及其代表意义



例如：CJ12-250/3 为 CJ12 系列交流接触器，额定电流 250A，三个主触点；CZ0-100/20 为 CZ0 系列直流接触器，额定电流 100A，两个常开主触点。

CJ10、CJ12 新系列产品所有受冲击的部件均采用了缓冲装置；合理地减小触点开距和行程；运动系统布置合理，结构紧凑，结构联结不用螺钉，维修方便。CJ20 可供远距离接通及分断电路用，并适宜于频繁地启动及控制交流电机。

直流接触器常用的有 CZ1、CZ3 等系列和新产品 CZ0 系列。

部分交流接触器的主要技术参数见表 1-1 和表 1-2。

（二）接触器的主要技术参数

1. 额定电压

接触器铭牌上的额定电压是指主触点上的额定电压。其电压等级有：

直流接触器：110V、220V、440V、600V。

交流接触器：220V、380V、500V 等。

负载若是 380V 的三相交流电动机，则应选用 380V 的交流接触器。

2. 额定电流

表 1-1 CJ20 系列交流接触器主要技术参数

型号	频率/Hz	辅助触头额定 电流/A	吸引线圈 电压/V	主触头额定 电流/A	额定电压 /V	可控制电动机 最大功率/kW
CJ20-10	50	5	~36、127、 220、380	10	380/220	4/2.2
CJ20-16				16	380/220	7.5/4.5
CJ20-25				25	380/220	11/5.5
CJ20-40				40	380/220	22/11
CJ20-63				63	380/220	30/18
CJ20-100				160	380/220	50/28
CJ20-160				160	380/220	85/48
CJ20-250				250	380/220	132/80
CJ20-400				400	380/220	220/115

表 1-2 CJ12 系列交流接触器主要技术参数

型号	额定电流/A	极数	额定电压	辅助触头		线圈
				容量	对数	额定电压/V
CJ12-100	100	1、3、4、5	交流 380V	交流 1000W/380 直流 90W/220	6 对常开与常闭 点可任意组合	~36、127、220、380
CJ12-150	150					
CJ12-250	250					
CJ12-400	400					
CJ12-600	600					

接触器铭牌上的额定电流是指主触点的额定电流。其电流等级有：

直流接触器：25A、40A、60A、100A、150A、200A、250A、400A、600A 等。

交流接触器：10A、15A、25A、40A、60A、100A、150A、250A、400A、600A 等。

所谓主触点的额定电流是指接触器安装在敞开式的控制屏上，在间断-长期工作制下，触点不超过额定温升时流过的允许电流值。这里的“间断-长期工作制”，是指接触器连续通电时间不超过 8h。若超过 8h，则必须空载开闭触点三次以上，以便消除触点表面上的氧化层。如果上述条件改变，就要相应地修正其电流值，具体如下：

① 当接触器安装在箱柜内，由于冷却通风条件变差，要降低电流 10%~20%使用。

② 当接触器工作在长期工作制，安装是敞开式的，电流降低 20%~25%使用；安装在箱柜内，则电流降低 25%~35%使用。

③ 当接触器工作在重复短期工作制，而且通电持续率不超过 40%，在敞开式安装时，电流允许提高 10%~15%使用；在箱柜内安装时，则允许电流提高 5%~10%使用。

由于具体情况不同，可以适当的酌情处理。

3. 线圈额定电压

接触器电磁机构的吸引线圈的额定电压等级有：

直流线圈：24V、48V、220V、440V。

交流线圈：36V、127V、220V、380V 等。

一般交流负载选用交流接触器，直流负载选用直流接触器。但交流负载频繁动作时可选用直流吸引线圈的接触器。