

高等学校教材

电器控制

安徽大学 李仁 主编

GAO DENG XUE
XIAO JIAO CAI

机械工业出版社

前 言

本书是根据1983年4月全国高等工业学校自动化类专业教材编审会议(福州)修订的课程教学大纲,在1980年7月机械工业出版社出版的高等学校试用教材《工厂电气控制设备》的基础上修订而成的,可作为工业电气自动化专业的教材,也可供有关专业的师生和从事自动化工作的科技人员参考。

本书与原试用教材《工厂电气控制设备》相比,内容作了较大幅度的调整。原书中各类具体设备的自动控制线路均并入实习用教材《生产机械的电气控制》一书中。本书的内容着重介绍常用的各类电器及其控制系统的基本工作原理和设计方法,补充了国内外近期的先进技术和研究成果可编程序顺序控制器(PC)等新内容,介绍了国内外电器新产品及其发展方向。本书在体系方面根据几年来试用教材的教学实践也作了合理的调整,书名改为《电器控制》。

本书采用的图形符号及文字符号均为新发布的国家标准。图形符号采用国家标准局1985—11—01发布的GB 4728《电气图用图形符号》;文字符号采用国家标准局1987—01—06发布的GB 7159—87《电气技术中的文字符号制定通则》。电器产品型号仍分别采用国内和国外各自通用的标准。

本书由安徽大学李仁教授、合肥工业大学董亚林副教授编写。其中:第一章、第二章的§2-1至§2-4、§2-6、第四章、第五章由李仁执笔,第二章的§2-5、第三章由董亚林执笔。朱军、刘德滋同志协助作了文图更换国标的整理工作。

本书由哈尔滨工业大学王炎教授主审,郑载满副教授、张晋格副教授参加了审稿。他们对本书作了严谨认真的审阅,提出了许多宝贵的意见。谨在此向他(她)们表示衷心的感谢。在本书编写过程中,得到上海工业大学陈伯时教授、合肥工业大学顾绳谷教授、王孝武副教授的极大关心和帮助。上海机床电器厂、上海第二机床电器厂、上海电器成套厂、上海华通开关厂、上海人民电器厂、上海华一电器厂、上海起重电器厂、北京低压电器厂、机械电子工业部自动化研究所等单位提供了许多宝贵的产品资料。均在此致谢。

限于我们的水平,书中不妥或错误之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

编者

1988年6月

目 录

第一章 常用低压电器	1	第四章 交磁放大机及其控制系统	117
§ 1-1 电器的作用与分类	1	§ 4-1 交磁放大机	117
§ 1-2 接触器	2	§ 4-2 自动调速系统的主要技术指标	130
§ 1-3 继电器	14	§ 4-3 速度负反馈自动调速系统的静态分 析	131
§ 1-4 熔断器	26	§ 4-4 速度负反馈自动调速系统的动态分 析	135
§ 1-5 行程开关	28	§ 4-5 电压负反馈、电流正反馈、电动势 负反馈在调速系统中的应用	141
§ 1-6 自动空气断路器	29	§ 4-6 电流截止负反馈系统	144
第二章 电器控制线路	31	* § 4-7 带调节器的交磁放大机一直流电动 机调速系统	149
§ 2-1 电器控制线路的绘制原则、图形及 文字符号	31	§ 4-8 交磁放大机调速系统主要元件的选 择原则	153
§ 2-2 鼠笼电动机简单的起、停电器控制 线路	36	*第五章 磁放大器及其控制系统	155
§ 2-3 组成电器控制线路的基本规律	37	§ 5-1 磁放大器的基本工作原理与特性	155
§ 2-4 电器控制线路的一般设计方法	42	§ 5-2 磁放大器应用实例	159
§ 2-5 电器控制线路的逻辑设计方法	49	§ 5-3 磁放大器工作于电感负载时的特性	160
* § 2-6 常用典型控制线路	60	§ 5-4 磁放大器组成的自动调速系统	162
第三章 顺序控制器	67	附录	164
§ 3-1 概述	67	参考文献	178
§ 3-2 基本逻辑型顺序控制器	68		
§ 3-3 条件步进型顺序控制器	80		
§ 3-4 时间步进型顺序控制器	96		
§ 3-5 步进型顺序控制器的程序编制	100		
§ 3-6 可编程序顺序控制器	105		

注：本书中有“*”号者为参考内容

第一章 常用低压电器

§ 1-1 电器的作用与分类

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。低压电器通常指工作在交、直流电压1200 V以下的电路中的电气设备。

电器的种类很多，分类方法也很多。现将常见的电器分类方法示于图 1-1 中。电力拖动自动控制系统中常用的电器，如图 1-2 所示，关于低压电器产品型号编制办法、产品型号类组代号以及派生字母对照表见附表1-1、1-2。

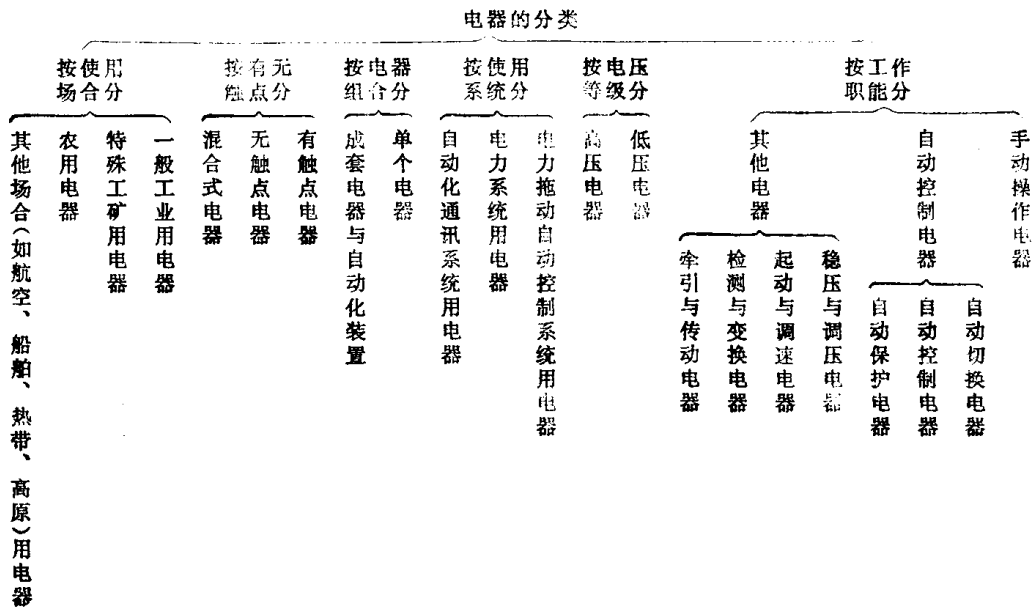


图1-1 电器的分类

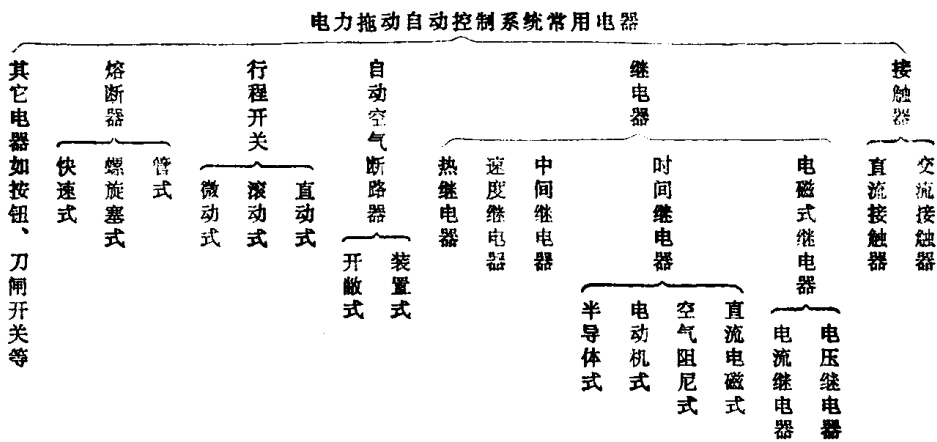


图1-2 电力拖动自动控制系统常用电器

§ 1-2 接 触 器

接触器是用来接通或切断电动机或其它负载主电路的一种控制电器。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、机械寿命和电寿命等。

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

一、接触器的结构与原理

一般接触器都具有下列组成部分：电磁机构；主触点和灭弧装置；辅助触点；释放弹簧机构或缓冲装置；支架与底座。现就其主要部分介绍如下。

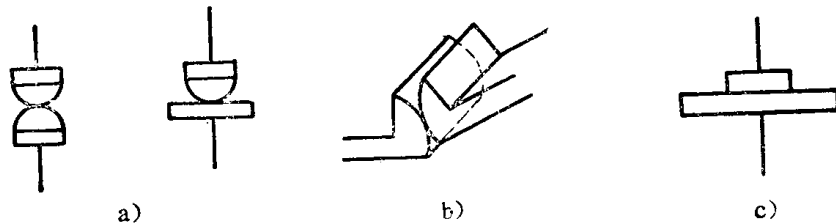


图1-3 触点的三种接触形式

a) 点接触 b) 线接触 c) 面接触

(一) 触点

触点用来接通或断开被控制的电路。它的结构形式很多，按其接触形式可分为三种，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，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。它常用于小电流的电器中，如接触器的辅助触点或继电器触点。图 1-3 b 所示为线接触，它的接触区域是一条直线。触点在通断过程中是滚动接触，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。断开时作相反运动。这样，可以自动清除触点表面的氧化膜，同时长期工作的位置不是在易烧灼的 A 点而是在 C 点，保证了触点的良好接触。这种滚动线接触多用于中等容量的触点，如接触器的主触点。图 1-3 c 所示为面接触，它可允许通过较大的电流。这种触点一般在接触表面上镶有合金，以减小触点接触电阻和提高耐磨性，多用作较大容量接触器的主触点。

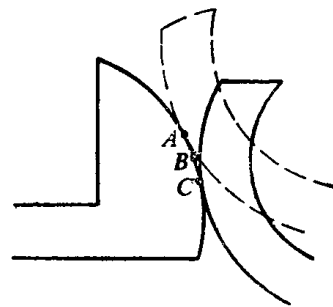


图1-4 指形触点的接触过程

由于触点表面的不平与氧化层的存在，两个触点的接触处有一定的电阻。为了减小此接触电阻，需在触点间加一定压力。当动触点刚与静触点接触时，由于安装时弹簧被预先压缩了一段，因而产生一个初压力 F_1 ，如图 1-5 b 所示。触点闭合后由于弹簧在超行程内继续变形而产生一终压力 F_2 如图 1-5 c 所示。弹簧压缩的距离 l 称为触点的超行程，即从静、动触点开始接触到触点压紧，整个触点系统向前压紧的距离。有了超行程，在触点磨损情况下，仍具有一定压力。磨损严重时应予更换。

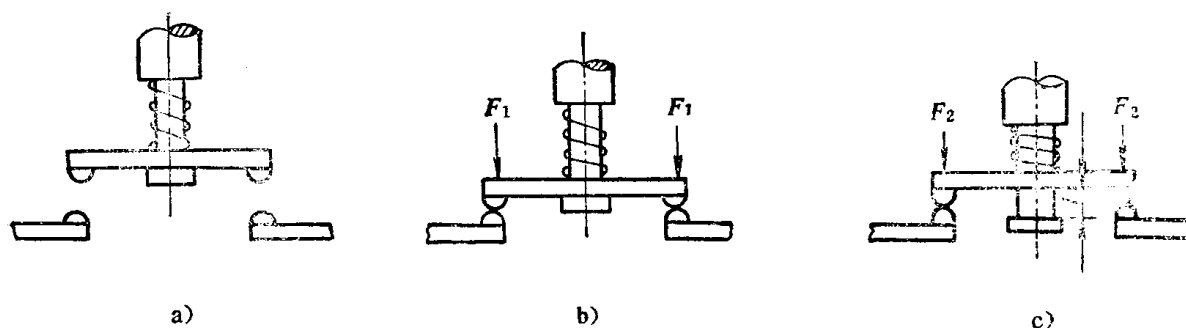


图1-5 触点的位置示意图

a) 最终拉开位置 b) 刚刚接触位置 c) 最终闭合位置

(二) 电弧的产生与灭弧装置

当接触器触点切断电路时，如电路中电压超过 $10\sim 12\text{ V}$ 和电流超过 $80\sim 100\text{ mA}$ ，在拉开的两个触点之间将出现强烈火花，这实际上是一种气体放电的现象，通常称为“电弧”。

所谓气体放电，就是气体中有大量的带电粒子作定向运动。触点在分离瞬间，其间隙很小，电路电压几乎全部降落在触点之间，在触点间形成很强的电场，阴极中的自由电子会逸出到气隙中并向正极加速运动。前进途中撞击气体原子，该原子分裂成电子和正离子。电子在向正极运动过程中又将撞击其它原子，这种现象叫撞击电离。撞击电离的正离子向阴极运动，撞在阴极上会使阴极温度逐渐升高。当阴极温度到达一定程度时，一部分电子将从阴极逸出再参与撞击电离。由于高温使电极发射电子的现象叫热电子发射。当电弧的温度达到 3000°C 或更高时，触点间的原子以很高的速度作不规则的运动并相互剧烈撞击，结果原子也将产生电离，这种因高温使原子撞击所产生的电离称为热游离。

撞击电离、热电子发射和热游离的结果，在两触点间呈现大量向阳极飞驰的电子流，这就是所谓的电弧。

应当指出，伴随着电离的进行也存在着消电离的现象。消电离主要是通过正、负带电粒子的复合进行的。温度越低，带电粒子运动越慢，越容易复合。

根据上述电弧产生的物理过程可知，欲使电弧熄灭，应设法降低电弧温度和电场强度，以加强消电离作用。当电离速度低于消电离速度，则电弧熄灭。根据上述灭弧原则，常用的灭弧装置有：

1. 磁吹式灭弧装置 其原理如图1-6所示。在触点电路中串入一个吹弧线圈3，它产生的磁通过导磁颊片4引向触点周围，如图中“ $\times$ ”符号所示。电弧产生后，其磁通方向如图中“ $\otimes$ ”和“ $\odot$ ”符号所示。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，而在弧柱上面则彼此相消，因此就产生一个向上运动的力将电弧拉长并吹入灭弧罩5中，熄弧角6和静触点

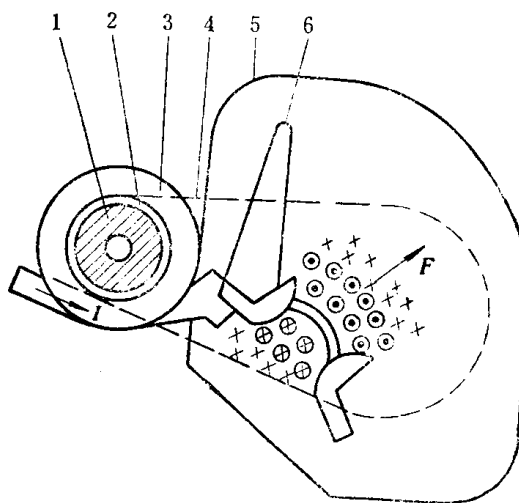


图1-6 磁吹式灭弧装置

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

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，因而电弧电流越大，吹弧的能力也越强。它广泛应用于直流接触器中。

2. 灭弧栅 灭弧栅灭弧原理如图1-7所示。灭弧栅3由许多镀铜薄铜片组成，片间距离为2~3mm，安放在触点上方的灭弧罩（图中未画出）内。一旦发生电弧，电弧周围产生磁场，导磁的钢片将电弧吸入栅片，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150~250V电压，电弧才能重燃。这样一来，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，电弧自然熄灭后很难重燃。这是一种常用的交流灭弧装置。

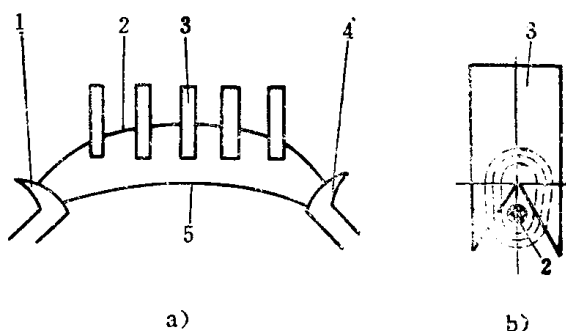


图1-7 灭弧栅灭弧原理

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

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做的耐高温的灭弧罩，用以降温和隔弧。可用于交流和直流灭弧。

4. 多断点灭弧 在交流电路中也可采用桥式触点，如图1-8所示。有两处断开点，相当于两对电极，若一处断点处要使电弧熄灭后重燃需要150~250V，现二处断点就需要 $2 \times (150 \sim 250) \text{V}$ ，所以有利于灭弧。若采用两极或三极接触器控制一个电路时，根据需要可灵活地将二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。

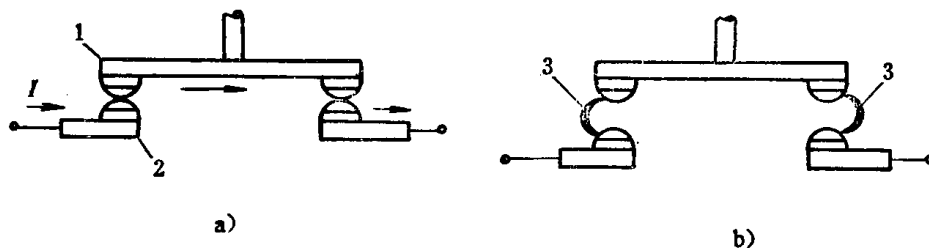


图1-8 桥式触点

a) 闭合状态 b) 断开状态
1—动触点 2—静触点 3—电弧

(三) 电磁机构

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。电磁机构由吸引线圈和磁路两部分组成。磁路包括铁心、衔铁、铁轭和空气隙。电磁机构分类如下：

1. 按衔铁的运动方式分类

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

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

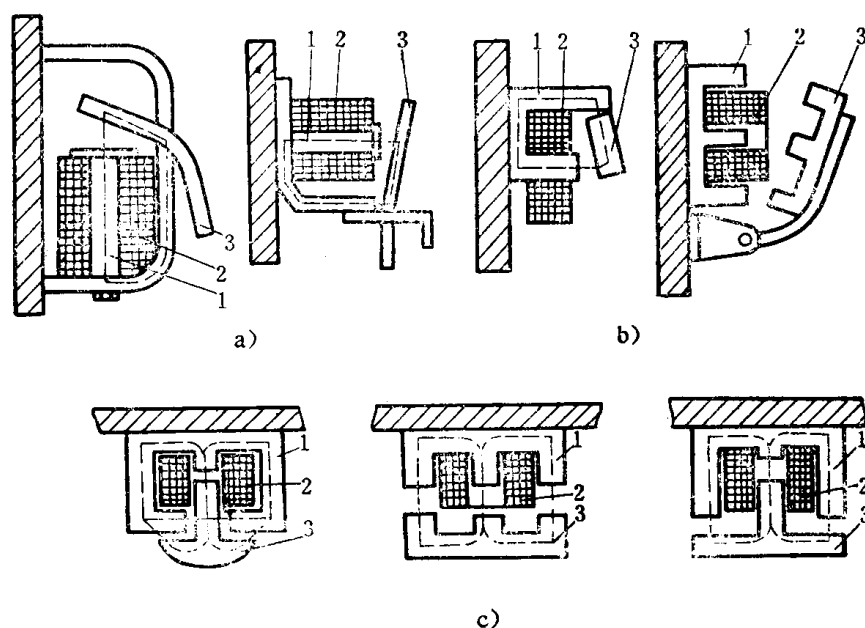


图1-9 常用电磁机构的形式

1—铁心 2—线圈 3—衔铁

(3) 衔铁直线运动 如图1-9 c 所示, 衔铁在线圈内作直线运动。多用于交流接触器中。

2. 按磁系统形状分类 电磁机构可分为U形和E形, 如图1-9所示。

3. 按线圈的连接方式分类 可分为并联(电压线圈)和串联(电流线圈)两种。

4. 按吸引线圈的种类分类 可分为直流线圈和交流线圈两种。

电磁机构的工作情况常用吸力特性与反力特性来表征。电磁机构的吸力与气隙的关系曲线称为吸力特性。它随励磁电流种类(交流或直流)、线圈连接方式(串联或并联)的不同而有所差异。电磁机构转动部分的静阻力与气隙的关系曲线称为反力特性。阻力的大小与作用弹簧、摩擦阻力以及衔铁重量有关。下面分析吸力特性、反力特性和两者的配合关系。

电磁机构的吸力可近似地按下式求得

$$F = \frac{1}{2\mu_0} B^2 S \quad (1-1)$$

式中 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。当 S 为常数时, F 与 B^2 成正比。

对于具有电压线圈的直流电磁机构, 因外加电压和线圈电阻不变, 则流过线圈的电流为常数。与磁路的气隙大小无关。根据磁路定律

$$\Phi = \frac{IN}{R_{\Sigma}} \propto \frac{1}{R_{\Sigma}} \quad (1-2)$$

则

$$F \propto \Phi^2 \propto \left(\frac{1}{R_{\Sigma}} \right)^2 \quad (1-3)$$

吸力 F 与磁阻 R_{Σ}^2 成反比, 亦即与气隙 δ^2 成反比, 故吸力特性为二次曲线形状, 如图1-10所示。它表明衔铁闭合前后吸力变化很大。

对于具有电压线圈的交流电磁机构, 其吸力特性与直流电磁机构有所不同。设外加电压不变, 交流吸引线圈的阻抗主要决定于线圈的电抗, 电阻可忽略, 则

$$U (= E) = 4.44 f \Phi N \quad (1-4)$$

$$\Phi = \frac{U}{4.44 f N} \quad (1-5)$$

当频率 f 、匝数 N 和电压 U 均为常数时, Φ 为常数, 由式 (1-3) 知 F 亦为常数, 说明 F 与 δ 大小无关。实际上考虑到漏磁的作用, F 随 δ 的减小略有增加。当气隙 δ 变化时, I 与 δ 成线性关系, 图1-11示出了 $F = f(\delta)$ 与 $I = f(\delta)$ 的关系曲线。

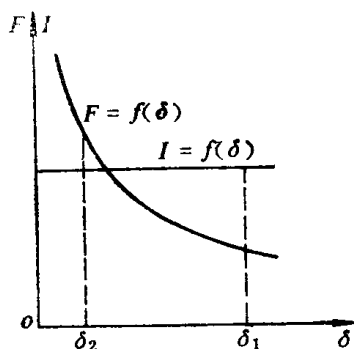


图1-10 直流电磁机构的吸力特性

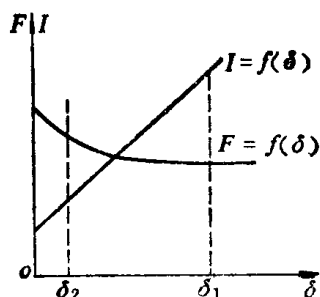


图1-11 交流电磁机构的吸力特性

从上述结论还可看出: 由于一般U形交流电磁机构, 在线圈通电而衔铁尚未吸合瞬间, 电流将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。如果衔铁卡住不能吸合, 或者频繁动作, 线圈可能烧毁。这就是对于可靠性高, 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的原因。

反力特性与吸力特性之间的配合关系, 示于图1-12中。欲使接触器衔铁吸合, 在整个吸合过程中, 吸力需大于反力, 这样触点才能闭合接通电路。反力特性曲线如图1-12中曲线3所示, 直流与交流接触器的吸力特性分别如曲线1和2所示。在 $\delta_1 \sim \delta_2$ 的区域内, 反力随气隙减小略有增大。到达 δ_2 位置, 动触点开始与静触点接触, 这时触点上的初压力作用到衔铁上, 反力骤增, 曲线突变。其后在 δ_2 到0的区域内, 气隙越小触点压得越紧, 反力越大, 线段较 $\delta_1 \sim \delta_2$ 段陡。

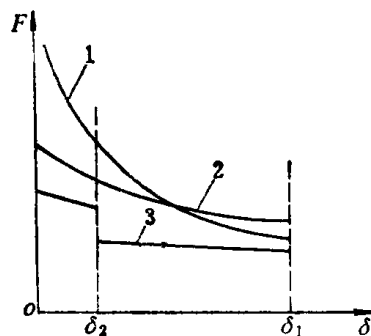


图1-12 吸力特性和阻力特性

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

为了保证吸合过程中衔铁能正常闭合, 吸力在各个位置上必须大于反力, 但也不能过大, 否则会影响电器的机械寿命。反映在图1-12上就是要保证吸力特性高于反力特性。上述特性对于继电器同样适用。在使用中常常调整反力弹簧或触点初压力以改变反力特性, 就是为了使它与吸合特性良好配合。

对于单相交流电磁机构, 由于磁通是交变的, 当磁通过零时吸力也为零, 吸合后的衔铁在反作用弹簧的作用下将被拉开, 磁通过零后吸力增大, 当吸力大于反力时, 衔铁又吸合。由于交流电源频率的变化, 衔铁的吸力随之每个周波二次过零, 因而衔铁产生强烈振动与噪声, 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分磁环 (或称短路环), 使铁心通过二个在时间上不相同的磁通, 矛盾就解决了。

图1-13中电磁机构的交变磁通穿过短路环所包围的截面 S_2 , 在环中产生涡流, 根据电磁

感应定律，此涡流产生的磁通 ϕ_2 在相位上落后于截面 S_1 中的磁通 ϕ_1 ，由 ϕ_1 、 ϕ_2 产生的吸力 f_1 、 f_2 如图 1-13 b 所示。作用在衔铁上的力是 $f_1 + f_2$ ，只要此合力始终超过其反力，衔铁的振动现象就消失了。

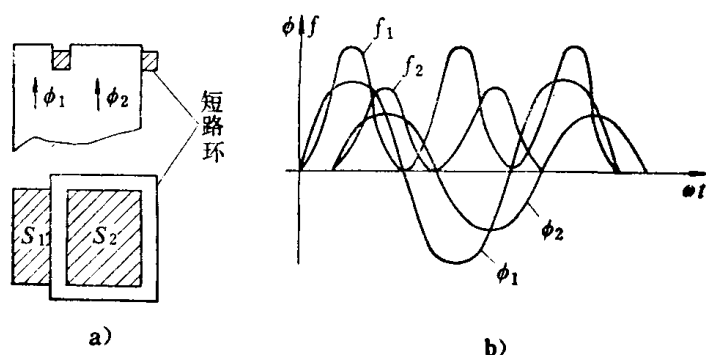
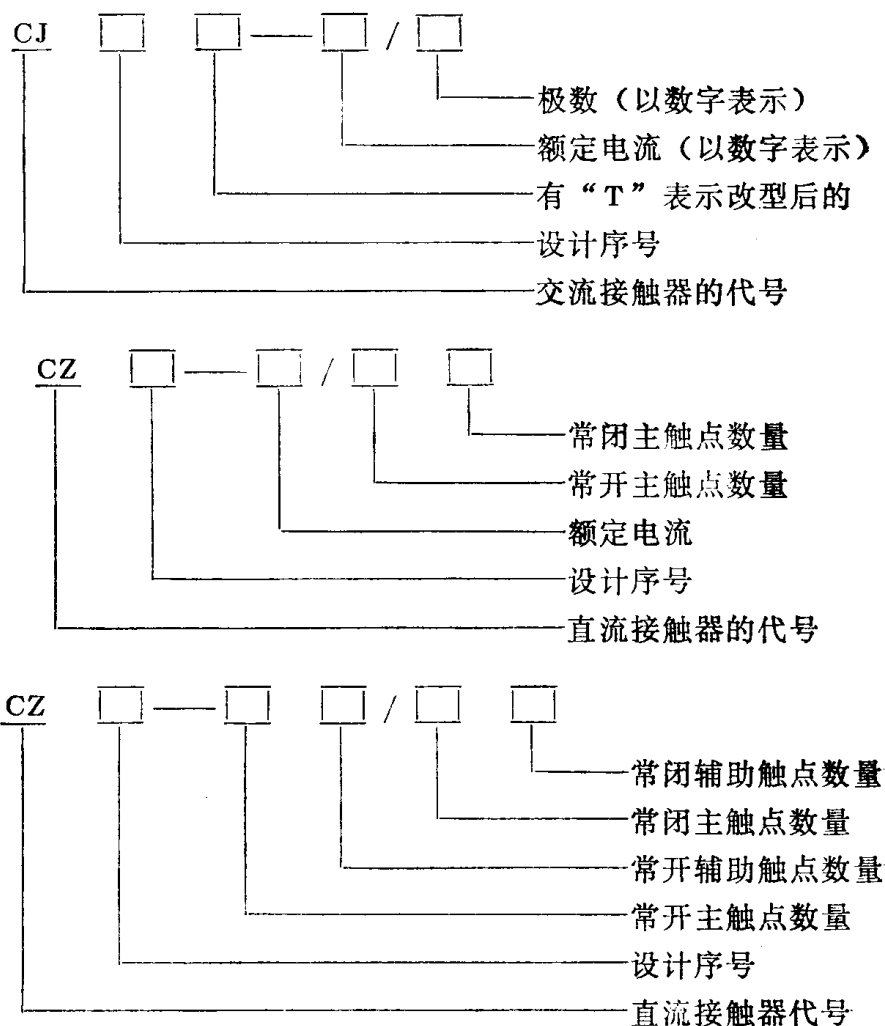


图1-13 加短路环后的磁通和电磁吸力图

a) 磁通示意图 b) 电磁吸力图

二、接触器的主要技术数据

(一) 接触器的型号及代表意义



例如，CJ12-250/3 为 CJ12 系列交流接触器，额定电流 250 A，三个主触点。

CJ12T-250/3为 CJ12 系列改型后的交流接触器, 额定电流250 A, 三个主触点。

CZ0-100/20 为 CZ0 系列直流接触器, 额定电流 100 A, 二个常开主触点。

我国生产的交流接触器常用的有 CJ1、CJ0、CJ10、CJ12、CJ20 等系列产品。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, 并适宜于频繁地起动及控制交流电机。

直流接触器常用的有 CZ1、CZ3 等系列和新产品 CZ0 系列。新系列接触器具有寿命长、体积小、工艺性好、零部件通用性强等优点。

现将 CJ0、CJ10、CJ12、CJ20 和 CZ0 系列产品的主要数据列于表 1-1 至表 1-5 中, 以供参考。

表1-1 CJ0 系列交流接触器技术数据

型 号	额定电流	额定电压	频 率	常分触	辅助触头		吸引线圈电压 V	吸引线圈 消耗功率 VA	最大操作频率 次/h
	A	V	Hz	头极数	数量	额定电流 A			
CJ0-10	10	500	50~60	3	2 动合 2 动断	5	交流 50~60Hz: 36、 110、127、220、380、 420、440 及 600 V	14	1200
CJ0-20	20	500	50~60	3	2 动合 2 动断	5		33	1200
CJ0-40	40	500	50~60	3	2 动合 2 动断	5		33	1200
CJ0z-10	10	500	50~60	3	2 动合 2 动断	5		14	600
CJ0-75	75	380	50~60	3	2 动合 2 动断	10	交流 60Hz: 110、 127、220、380、440 V; 交流 50Hz: 36、110、 127、220、380 V 直流 110、220 V	55	600
CJ0-120	120	380	50~60	3	2 动合 2 动断	10		68	60

表1-2 CJ10系列交流接触器技术数据

型 号	额定 电流 A	被控三相电 动机最大功率		主触头	动作	释放	辅 助 触 头					吸 引 线 圈			最大操作				
		kW			时间	时间	最多 数量	持续 电流 A	电压 V	接通 电流 A	分断 电流 A	电 压 V	消耗功率		频 率 次/h				
		220 V	380 V		ms	ms							起动	吸合 保持					
CJ10-5	5	1.2	2.2	三 常 开	15	14.3	一常开	5	380	50	5	36、110、 (127)、220、 380	35VA	6VA 2W	≤600				
CJ10-10	10	2.2	4		17	21	二常开、二常闭		500	40	4		36、127、 220、380	65VA		11VA 5W			
CJ10-20	20	5.5	10		16	18			380	50	5			140VA		22VA 9W			
CJ10-40	40	11	20		23	22			500	40	4					230VA	32VA 12W		
CJ10-60	60	17	30		65	40			380	50	5						490VA	70VA	
CJ10-100	100	29	50		32	15			500	40	4							—	—
CJ10-150	150	43	75		—	—			—	—	—							—	—

表1-3 CJ12系列交流接触器技术数据

型 号	额定电压	额定电流	极 数	每小时操作次数		联 锁 触 头			线圈消耗	备 注			
	V	A		额 定 容量时	短时降低 容 量 时	额定电压 V	额定电流 A	组合情况	功 率 W				
CJ12-100	380	100	2、3、4	600	200	交流380 直流220	10	六个触头可 组合成： 五分一合成 四分二合成 三分三合	16	若用直流吸引线圈 则需占用一个常 合联锁触头，故其 联锁触头只有五个			
CJ12-150		150							30				
CJ12-250		250							45				
CJ12-400		400		3000	1200				85				
CJ12-600		600							70				

表1-4 CJ20系列交流接触器技术数据

型 号	额定绝缘电压	额定工作电压	约定发热电流	断续周期工作制 下的额定工作电流		AC-3使用类 别下的额定 工作功率	不间断工作 制下的额定工 作电流
	V	V	I_{th}	A		kW	A
			A	AC-1	AC-2 AC-3 AC-4		
CJ20-160	660	220	200	200	160	48	200
		380			160	85	
		660			100	85	
CJ20-160/11	1140	1140			80	85	
CJ20-630	660	220	630	630	630	175	630
		380			630	300	
CJ20-630/11	660	660			400	350	
	1140	1140			400	400	

表1-5 CZ0系列直流接触器技术数据

型 号	额定电压	额定电流	额定操作 频 率	主触头型式及数目		分断电流	辅助触头型 式 及 数 目		吸引线圈 电 压	吸引线圈 消耗功率	
	V	A	次/ h	常分	常合	A	常分	常合	V	W	
CZ0-40/20	440	40	1200	2	—	160	2	2	24、48、 110、220、 440	22	
CZ0-40/02		40	600	—	2	100	2	2		24	
CZ0-100/10		100	1200	1	—	400	2	2		24	
CZ0-100/01		100	600	—	1	250	2	1		180/24	
CZ0-100/20		100	1200	2	—	400	2	2		30	
CZ0-150/10		150	1200	1	—	600	2	2			
CZ0-150/01		150	600	—	1	375	2	1		300/25	
CZ0-150/20		150	1200	2	—	600	2	2		40	
CZ0-250/10		250	600	1	—	1000	5 (其中 1 对常开， 另 4 对可任意组合 成常开或常闭)			220/31	
CZ0-250/20		250	600	2	—	1000				290/40	
CZ0-400/10		400	600	1	—	1600				350/28	
CZ0-400/20		400	600	2	—	1600				430/43	
CZ0-600/10	600	600	1	—	2400	320/50					

近年来由联邦德国引进了西门子公司 3TB 型系列, BBC 公司的 B 型系列等具有 80 年代初期水平的交流接触器。

3TB40~44 型交流接触器和 B 型系列交流接触器主要供远距离接通与分断之用,并适用于频繁地起动及控制交流电动机。3TB 型产品结构设计紧凑、机械寿命长、电寿命高、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。

B 型系列交流接触器可部分或全部取代我国生产的 C10, CJ8, CJ10 等系列交流接触器,它与我国现有交流接触器相比较,具有以下优点:符合国家标准;额定工作电压可到 600 V;可用于 50~60 Hz 的交流电路和直流电路;产品品种全、适用于各种电流,便于经济选用;可提供多种标准和非标准电压线圈便于用户选用;技术经济指标高,体积小,重量轻,材料省,安装面积小,能耗低;有多种附件供应,易于安装,能扩大使用功能;安装、使用、接线、维修方便;安全,可靠性高。3TB 型交流接触器主要技术数据见表 1-6。B 型交流接触器主要技术数据见附表 1-3。

表 1-6 3TB 型交流接触器主要技术数据

接触器型号	约定发热 电 流 A	380 V 时 额定工作 电 流 A	660 V 时 额定工作 电 流 A	可控电动机功率		接触器在 AC-3 使用类别 下的操作频率和电寿命		接触器在 AC-4 使用类别下电 寿命数据		
				kW		次		可控电动机功率		电寿命
								kW		次
				380 V	660 V	操作频率 750h ⁻¹	操作频率 1200h ⁻¹	380 V	660 V	操作频率 300h ⁻¹
3TB40	22	9	7.2	4	5.5		1.2×10^6	1.4	2.4	2×10^5
3TB41	22	12	9.5	5.5	7.5		1.2×10^6	1.9	3.3	
3TB42	35	16	13.5	7.5	11		1.2×10^6	3.5	6	
3TB43	35	22	13.5	11	11		1.2×10^6	4	6.6	
3TB44	55	32	18	15	15	1.2×10^6		7.5	11	

(二) 额定电压

接触器铭牌额定电压是指主触点上的额定电压。通常用的电压等级为

直流接触器: 220 V, 440 V, 660 V。

交流接触器: 220 V, 380 V, 500 V。

如某负载是 380 V 的三相感应电动机, 则应选 380 V 的交流接触器。

(三) 额定电流

接触器铭牌额定电流是指主触点的额定电流。通常用的电流等级为

直流接触器: 25 A, 40 A, 60 A, 100 A, 150 A, 250 A, 400 A, 600 A。

交流接触器: 5 A, 10 A, 20 A, 40 A, 60 A, 100 A, 150 A, 250 A, 400 A, 600 A。

上述电流是指接触器安装在敞开式控制屏上; 触点工作不超过额定温升; 负载为间断一长期工作制时的电流值。所谓间断一长期工作制是指接触器连续通电时间不超过 8 h。若超过 8 h, 必须空载开闭三次以上, 以消除表面氧化膜。如果上述诸条件改变了, 就要相应修正其电流值。具体如下:

当接触器安装在箱柜内, 由于冷却条件变差, 电流要降低 10~20% 使用;

当接触器工作于长期工作制, 而且通电持续率不超过 40%; 敞开安装, 电流允许提高 10~25%; 箱柜安装, 允许提高 5~10%。

介于上述情况之间者，可酌情增减。

（四）线圈的额定电压

通常用的电压等级为

直流线圈：24 V，48 V，220 V，440 V。

交流线圈：36 V，127 V，220 V，380 V。

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吸引线圈的接触器。

通常采用的是直流110 V，220 V；交流127 V，220 V，380 V。直流接触器断开时产生的过电压可达10~20倍，故不宜采用高电压等级（440 V已停止生产）。而电压太低，接通此线圈用的继电器或接触器的联锁触点不可靠（如灰尘、或油层存在）。

（五）额定操作频率

额定操作频率指每小时接通次数。交流接触器最高为600次/h；直流接触器可高达1200次/h。

综上所述，选择接触器可按下列步骤进行：根据负载性质确定工作任务类别；并根据类别确定接触器系列[详见我国电工专业标准（D 25—59）和（D 210—61）]；根据负载额定电压确定接触器的额定电压；根据负载电流确定接触器的额定电流，并根据外界实际条件加以修正；选定吸引线圈的额定电压；根据负载情况复核操作频率，它应在额定范围之内。

三、国外交直流接触器的发展概况

当今世界科学技术的发展日新月异，新的电子器件，晶闸管、微电脑等新型元器件层出不穷，但是由于交直流接触器具有过载能力强、结构简单、价格低廉等突出的优点，从而不仅大量用于大规模的机械化、自动化生产过程，而且逐渐进入人们生活的各个领域。可以说，交直流接触器是难以用别的任何产品所取代的，而且工业自动化水平愈高的国家，交直流接触器的作用也愈加显著。世界各国的交直流接触器的年产量与日俱增，如日本三菱电机公司，每年生产的交流接触器为3000万台；法国TELEMECANIQUE公司每年生产的交流接触器为1000万台。

交流接触器早在20年代就已问世，当时为转动式的，体积大、用料多。40年代出现了直动式交流接触器，为缩小体积、提高技术性能奠定了基础。当今世界各国生产的交流接触器，虽然尚未冲出转动式和直动式两种基本结构，但设计制造了许多型式新颖、质量优良的接触器，现将国外交直流接触器的现状、发展趋势、研究方向综述如下：

（一）交直流接触器产品的现状

1. 转动式交流接触器 虽然这种接触器由于转动式结构带来了固有的缺点如体积大、用料多、寿命短，但其结构简单，制造容易，安装维修方便，运行可靠，故大、中容量的接触器，特别是重负荷工作条件下用的交流接触器仍多采用这种型式。

美国CGE公司的产品有370、372两种系列。前者采用直流电源，后者采用交流电源。额定电流从15~1500 A共10个等级；额定电压有220 V、380 V和500 V三种；操作频率为150~400次/h；370系列的机械寿命为1500万次，372系列的为700万次；二者电寿命均为100~200万次。

比利时ACEC公司的产品有R系列交流接触器，额定电流从63~2000 A共有15个等级；额定电压有220、380、500、660、1200 V五种；机械寿命为3000万次。

2. 直动式交流接触器 国外中、小容量的交流接触器仍然多采用直动式,它的结构紧凑、体积小、安装方便、运行可靠、使用寿命长,外形美观,使用广泛。

联邦德国西门子公司的产品有3TB系列交流接触器,该产品可靠性高,一只交流接触器如在电站、化工等低操作频率的场合使用至少可以无故障地工作10年;如在起重、轧钢等较高操作频率的场合使用,至少可以无故障工作一年,只需隔半年更换一次触头。3TB系列交流接触器有10种规格,13种型号,额定电流为9~630A,额定电压为220~660V,机械寿命平均1000万次,电寿命平均150~200万次。

日本东芝公司的产品有ESPAS新系列交流接触器,它的优点是防振性能好,误动作少,机械寿命为1000万次,电寿命为100万次,操作频率为1200次/h。

3. 直流接触器 直流接触器的用途虽然不如交流接触器广泛,但世界各国的制造厂家仍然十分注意改进。迄今为止,直流接触器仍维持两种基本型式:传统式,又称旋转式;交流派生式。

美国西屋公司的产品有M系列直流接触器,它属于传统式,主要用于电力牵引、冶金、矿山等控制设备中,额定电流从25~2500A分8个等级;额定电压为550V;机械寿命大于400万次;电寿命大于50万次。

联邦德国西门子公司的产品有3TC系列直流接触器,它由3TB系列交流接触器派生而成,所以属于交流派生式直流接触器。该系列直流接触器既可由直流操作,也可由交流操作,改变操作时,只需更换线圈。该系列有6种型号,额定电流从30~400A;额定电压为400V;机械寿命为1000~1500万次;操作频率平均为250~1500次/h。

(二) 交直流接触器的发展趋势

1. 提高工作可靠性 过去通常把交直流接触器的额定电压、额定电流、通断能力、使用寿命视为衡量产品优劣的主要标志,而把工作可靠性置于次要地位。近年来工作可靠性一跃而居众所关注的重要地位,这是因为人们逐渐意识到在工业自动化系统及装置中使用了大量的交直流接触器,接触器偶一误动作,给系统及装置带来的损失之大,是接触器本身的价格所无法比拟的。这就要求接触器的各部件在各种条件下可靠地工作以确保百分之百的不发生误动作,从而使系统及装置长期高效地运转。因此可靠性的研究就成为当前的主要研究课题。

目前世界各生产厂家及研究单位围绕接触器的可靠性问题作了以下工作:降低其动作电压值;降低其释放电压上限和提高释放电压下限;提高其在恶劣条件下的可靠性;提高其对倾斜、冲击、振动的耐受能力;提高其绝缘能力;提高其承受短路电流的能力等等。

2. 提高通断能力 通断能力是交直流接触器的重要技术指标之一。在交流接触器国际电工标准IEC—158-1和VDE—0660中规定,在AC4工作制时为8~10倍额定电流,在AC3工作制时为10~12倍额定电流。实际上各制造厂家,为保证运行可靠,其产品的通断能力远远超出上述规定。如美国西屋公司M系列产品通断能力提高到20倍;法国Delle公司的BC250型产品提高到100倍;日本户上公司的UNK系列交流接触器提高到133~200倍。

3. 提高使用寿命 提高使用寿命无疑对系统或装置的效益有着直接关系。IEC标准规定交流接触器的机械寿命最高为1000万次,如日本松下电器公司生产的FC系列交流接触器的机械寿命定为50~1000万次;法国TE公司的LC₁-D交流接触器的机械寿命达2000万次。至于电寿命,迄今尚无明确规定。

4. 小型化 经过长期改进,近十年来,交流接触器的安装面积减小了约25%。但它与电子器件相比,仍然显得过大,因此世界各国制造厂家对缩小接触器的体积及其安装面积给予极大的重视,具体措施如减小触头开距;采用高导磁材料;采用优质灭弧材料等。

5. 品种派生 为了扩大交流接触器基本系列产品的适应性,许多国家的制造厂大力发展派生品种,以最大限度地满足各种不同的使用要求。如西门子3TC系列直流接触器就是由3TB系列交流接触器派生的;日本户上电机制造所的MGK-U系列交流接触器就是由电磁锁扣式接触器派生而来的。

6. 提高交流接触器的额定电压 许多工业先进国家,如联邦德国、民主德国、美国和法国,从经济合理及技术可能性的观点出发,把工业电网的配电电压从380V提高到660V,因而交流接触器的额定电压相应提高。如西门子3TB系列、意大利Lovato公司的B系列交流接触器均采用了660V的额定电压。

7. 标准化工作 由于交流接触器的产量很大,品种繁多,要进一步发展产品,必须加强标准化工作。如BBC公司B系列交流接触器的零部件通用化程度很高,8种产品,除触头系统外,其它零部件基本通用;苏联新生产了一个包括5种标准尺寸的系列交流接触器,取代了6个系列30种标准尺寸的归系列接触器。

8. 新材料的应用及材料的节约 随着塑料工业和冶金工业的发展,为电工产品(包括交直流接触器)提供了许多物美价廉的新颖材料,如高耐磨损性和高冲击强度的聚脂树脂和聚酰胺树脂塑料以及尼龙等压制的构件取代了有关的金属零部件。如硅橡胶用于固定磁系统的短路环;酚醛树脂用于线圈管架和隔弧板。

9. 发展中的几种接触器 在现代的工业自动化系统及装置中,单靠电磁式交流接触器已不能满足需要了,这是因为它有许多固有缺点,如触点接触有时不良,易于烧损,运动部件易磨损,操作频率和寿命还不够理想等。因此又发展了新型的接触器,如无触点接触器,即半导体化的接触器;混合式接触器,它介于有触点与无触点之间,即在触点之间并联晶闸管;同步接触器,利用交流电流过零时实现无电弧分断;低真空接触器,利用真空作为一种优良的绝缘介质和熄弧介质,可提高分断能力。

10. 安装和装配 交直流接触器一旦发生故障,应能迅速的进行更换,因此要求易于装卸。国外小容量接触器的安装已普遍采用卡轨,大容量产品仍采用螺钉。在装配部件上各国仍在改进。

(三) 交直流接触器的科研方向

许多国家的电器公司,花费很大的投资建立专门的研究机构和现代化实验室,研究新产品。当前国外对接触器正在进行的研究工作有:

1. 可靠性的研究;
2. 触点多点接触的理论研究及触点材料的研究;
3. 电弧理论及电磁力理论的研究;
4. 磁系统的最佳设计和计算方法及磁系统参数对控制回路工作可靠性影响的研究;
5. 采用电子计算机研究磁系统的静态和动态特性;
6. 短路环的计算和最优化设计;
7. 节约能源及节约材料的研究;
8. 广泛采用机器人,将人们从枯燥而紧张的装配劳动中解放出来,并进一步提高生产

率。

9. 标准化的研究。

国外直流接触器和交流接触器的操作频率、机械寿命、电寿命比较如表1-7、1-8所示。

表1-7 国外直流接触器的操作频率、机械寿命和电寿命比较

国 别	企业名称	产品系列	操作频率 次/h	机械寿命 万次	电 寿 命 万次
国际电工学会标准 IEC			最高1200	最高1000	D1工作制时不少 于机械寿命的 1/20
联邦德国	西门子	3 TC	250~1500	1000~1500	100
荷兰	SMI SLIK	GMT		2000	
	KER-VEER	GMC		2000	
英国	MET	AXC	1200		

表1-8 国外交流接触器操作频率、电寿命和机械寿命的比较

国 别	企业名称	产品系列	操作频率 次/h	电 寿 命 万次	机械寿命 万次
国际电工标准 IEC			最高1200	AC3工作制时不少 于机械寿命的1/20	最高1000
比利时	ACEC	KT	1200	110	1000
联邦德国	西门子	3 TB	1500	100	1000~1500
	K-M	D1L	1000	100	1000
瑞士	BBC	B	600~1800	100	1000
日本	东芝	ESPAR	1200	100	1000
	松下	FC	1200以上	100	300~1000
意大利	LOVAT	B	3600		1500~2000
英国	MTE	AXC	1200	100	100
美国	Squire D	8502级 DLS	1500	最高 130 最低 100	最高1000 最低 300
	CGE	370 372	150~450	100~200	1500 700
法国	TE	LC1-D	3600	100	2000
		LC1-F	800~1200	100	1000
苏联		KHT6000	1200	50~100	1000~1500
		KT7000	1200	50	500

§ 1-3 继 电 器

继电器是一种根据特定形式的输入信号而动作的自动控制电器。它与接触器不同，主要