

高等专科学校试用教材

硅酸盐生产机械电气控制

张炳林 编著

武汉工业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

硅酸盐生产机械电气控制/张炳林 编著—武汉：武汉工业大学出版社，1996. 8

ISBN 7-5629-1166-5

I. 硅… II. 张… III. 硅酸盐-生产-化工机械-电气控制 IV. TQ170. 52

内 容 简 介

本书是根据工业高等专科学校“工厂电气控制”课程教学大纲而编写的。主要内容包括：控制电器；电气控制电路典型环节；可编程序控制器；电气控制在机械加工、起重机、流水生产线、喂料设备及水泥厂、玻璃厂诸生产系统中的应用；电气控制设计基础及课程设计，共十三章，附表 32 个。

本书可作为工业高等专科学校工业电气自动化专业“工厂电气控制”及类似课程的教材，也可供职工大学、中等专业学校选用，或作为电气技术人员的参考书和职工培训教材。

武汉工业大学出版社出版发行

(武昌珞狮路 14 号 邮政编码 430070)

湖北省国营华严彩印厂印刷

*

开本：787×1092 1/16 印张：17.5 字数：400 千

1996 年 9 月第 1 版 1996 年 9 月第 1 次印刷

印数：1—3000 定价：17.50 元

前 言

本书是根据工业高等专科学校“生产机械电气控制”课程教学大纲而编写的。编写中力求结合生产实际，突出应用，尽可能做到通俗易懂，便于自学。

全书内容共分三部分：

其一，重点阐述电气控制原理（第一章至第三章）。主要介绍常用控制电器、电气控制典型控制线路的组成及分析、可编程序控制器的组成、原理及应用。

其二，重点阐述电气控制在机库、起重机等工业生产系统中的应用及其分析方法（第四章至第十一章）。

其三，重点阐述电气控制的设计基础（第十二章、第十三章）；重点讲述电气控制的设计原则、设计内容、设计步骤和设计方法。并通过课程设计加以实践。

本书不仅可作为高专、职大、电大、业大“工厂电气控制”、“生产机械电气控制”等类似课程的教材，也可作电气技术人员的进修参考书和培训教材，又可作为中等专业学校类似的教材。

本书由武汉工业大学严绍寅副教授主审。在本书的编写、审定中，得到严绍寅副教授多方面的帮助，在此表示衷心感谢。

限于编者水平，书中难免存在错误和不妥之处，敬请读者指正。

编 者

1995年5月

目 录

绪论	(1)
第一章 控制电器	(3)
第一节 电器的作用与分类	(3)
第二节 电磁机构	(4)
第三节 接触器	(7)
第四节 继电器	(12)
第五节 开关电器	(19)
第六节 熔断器	(21)
第七节 主令电器	(22)
思考题	(23)
第二章 电气控制电路典型环节	(25)
第一节 电气控制系统图	(25)
第二节 电动机控制的保护环节	(28)
第三节 三相鼠笼式异步电动机的直接启动	(29)
第四节 三相鼠笼式异步电动机降压启动	(32)
第五节 三相鼠笼式异步电动机的制动控制	(36)
第六节 三相鼠笼式异步电动机的变极调速控制	(38)
第七节 三相绕线式异步电动机的启动控制	(39)
第八节 电磁调速异步电动机的控制电路	(42)
第九节 三相绕线式异步电动机的调速控制	(43)
第十节 高压三相异步电动机的启动控制	(49)
第十一节 高压同步电动机的控制	(56)
第十二节 直流电动机的控制	(64)
第十三节 直流电动机晶闸管调速装置	(66)
第十四节 三相绕线型异步电动机晶闸管串级调速装置	(72)
思考题	(79)
第三章 可编程序控制器	(80)
第一节 概 述	(80)
第二节 PC 的硬件结构及工作原理	(83)
第三节 PC 程序的表达方式及其内部等效电路	(87)
第四节 PC 的可编程元器件	(89)
第五节 PC 的指令系统	(95)
第六节 PC 应用系统的设计	(108)
第七节 编程器	(111)
第八节 PC 的输入/输出接线图	(115)
第九节 应用实例	(118)
第十节 PC 的使用技巧	(122)

思考题	(125)
第四章 机床电气控制电路分析	(126)
第一节 电气控制电路的分析基础	(126)
第二节 CM6132 普通车床控制电路	(126)
第三节 X52K 铣床电气控制电路	(128)
第四节 T68 卧式镗床电气控制电路	(134)
第五节 组合机床的电气控制电路	(138)
思考题	(143)
第五章 桥式起重机的电气控制	(144)
第一节 桥式起重机的结构及主要技术参数	(144)
第二节 桥式起重机对电力拖动的要求	(145)
第三节 桥式起重机控制线路分析	(148)
思考题	(152)
第六章 流水运输系统的电气控制	(153)
第一节 概 述	(153)
第二节 流水运输系统对电气控制的要求	(153)
第三节 流水运输系统典型控制电路	(155)
思考题	(161)
第七章 喂料设备的电气控制	(162)
第一节 电磁振动喂料机	(162)
第二节 自动磅秤喂料机	(164)
第三节 自动定量喂料机	(166)
第四节 核子秤喂料计量设备	(167)
思考题	(169)
第八章 水泥厂粉磨系统的电气控制	(170)
第一节 水泥粉磨系统的生产工艺流程	(170)
第二节 粉磨系统对电气控制的基本要求	(170)
第三节 粉磨系统的电力拖动方案	(172)
第四节 粉磨系统磨机负荷的自动控制	(173)
第五节 粉磨系统的电气控制线路	(175)
思考题	(180)
第九章 水泥回转窑系统的电气控制	(181)
第一节 概 述	(181)
第二节 水泥回转窑系统生产工艺流程	(181)
第三节 水泥回转窑系统对电气控制的基本要求	(183)
第四节 水泥回转窑系统的电力拖动方案	(185)
第五节 水泥回转窑系统电气控制线路	(186)
思考题	(193)
第十章 玻璃生产过程的电气控制	(194)
第一节 玻璃生产过程对电气控制的要求	(194)

第二节	平板玻璃垂直引上机电气控制	(194)
第三节	玻璃熔窑火焰换向电气控制	(196)
第四节	玻璃熔窑液面的自动控制	(205)
第五节	浮法玻璃生产线电气控制	(211)
思考题		(217)
第十一章	电收尘的电气控制	(218)
第一节	概 述	(218)
第二节	电收尘器的工作原理	(219)
第三节	电收尘器的结构	(220)
第四节	电收尘器的电源装置	(221)
思考题		(225)
第十二章	电气控制设计基础	(226)
第一节	电气控制设计的一般原则、内容和程序	(226)
第二节	电气控制线路的一般设计方法	(227)
第三节	常用电器元件的选择	(230)
第四节	电气控制工艺设计	(233)
思考题		(235)
第十三章	课程设计及参考选题	(236)
第一节	课程设计的目的和要求	(236)
第二节	课程设计任务、工作量与设计方法	(237)
第三节	设计举例	(238)
第四节	设计参考选题	(242)
参考文献		(246)
附表		(248)
附表 1	电气图常用图形符号和文字符号新旧标准对照表	(248)
附表 2	Y 系列 (IP23) 电动机技术数据	(252)
附表 3	YCT 系列电动机技术数据	(253)
附表 4	YCTD 系列调速电动机技术数据	(253)
附表 5	Y 系列中型高压电动机技术数据	(254)
附表 6	YR 系列中型高压电动机技术数据	(256)
附表 7	TK 系列同步电动机技术数据	(257)
附表 8	Z4 系列直流电动机技术数据	(258)
附表 9	HK1、HK2 及 HD11、HD14 系列刀开关技术数据	(259)
附表 10	HZ10 系列组合开关技术数据	(259)
附表 11	DZ5 系列自动开关技术数据	(260)
附表 12	C45N 系列断路器技术数据	(260)
附表 13	3VE1、3VE3、3VE4 型断路器技术数据	(261)
附表 14	TH 系列断路器技术数据	(261)
附表 15	RL1 系列熔断器技术数据	(261)
附表 16	RC1 系列熔断器技术数据	(262)

附表 17	CJ0 系列交流接触器	(262)
附表 18	CJ10 系列交流接触器	(262)
附表 19	CJ20 系列技术数据	(263)
附表 20	CJ12B 系列技术数据	(264)
附表 21	B 型交流接触器技术数据	(265)
附表 22	JR0、JR16 系列热继电器技术数据	(267)
附表 23	JZ7 系列交流中间继电器技术数据	(267)
附表 24	JY1 型速度继电器、JFZO 型反接制动继电器技术数据	(267)
附表 25	JS7-A 空气阻尼式时间继电器技术数据	(268)
附表 26	LA 系列控制按钮技术数据	(268)
附表 27	LX19 系列限位开关技术数据	(269)
附表 28	JLXK1 系列限位开关技术数据	(269)
附表 29	JLK1-11 双断点微动开关技术数据	(269)
附表 30	JW2 系列限位开关技术数据	(269)
附表 31	JL3 系列继电器技术数据	(270)
附表 32	国产部分舌(干)簧管技术参数	(270)

绪 论

一、《生产机械电气控制》课程的性质和任务

《生产机械电气控制》是一门实践性较强的专业课。它在生产过程、科学研究及其它各个领域的应用愈来愈广泛。该课程主要内容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、线路及其设计方法。电气控制技术涉及面很广,控制设备种类繁多,功能各异,但其控制原理、设计基础都是类似的。本课程从应用角度出发,分别讲授上述诸方面的内容,以培养读者对电气控制系统的分析和设计的基本能力。

现代化的生产水平、产品质量和经济效益等各项技术指标,在很大程度上要取决于生产设备的先进性和电气自动化的程度。随着大规模集成电路及微型计算机技术的不断发展,给生产机械电气控制技术开辟了新的前景。特别是最近 20 年内迅速发展起来的工业控制器——可编程序控制器 (PC),将计算机的编程灵活、功能齐全、应用面广等优点,与继电器控制系统的控制简单、使用方便、抗干扰能力强、价格便宜等优点结合在一起,因而在现代化工业生产过程控制中的应用越来越广泛。作为一名电气工程技术人員必須熟练掌握各种电气控制技术的基本原理与应用技术。

本课程的基本任务是:

1. 熟悉常用控制电器的基本结构、工作原理、用途及型号,达到能够正确选择和使用的目的。
2. 熟练掌握电气控制线路的基本环节,具有对一般电气控制线路的独立分析能力。
3. 具有设计和改进一般生产机械和生产系统电气控制线路的基本能力。
4. 具有从事电气控制设备的安装调试、运行和维护等技术工作的能力。
5. 掌握可编程序控制器的基本结构、基本工作原理及应用发展动向,能依据某一生产工艺过程及其对控制的要求,正确选用 PC,合理编制用户程序,经调试应用于生产过程控制中。

二、生产机械电气控制的发展

生产机械电气控制技术是随着科学技术的不断发展,随生产工艺过程自动化程度的不断提高及不断提出新的控制要求而迅速发展起来的。在控制方式上主要是从手动控制到自动控制;在控制功能上,是从简单到复杂;在操作上从笨重到轻巧;从控制原理上,由单一的有触点的硬接线继电器控制系统转向以微处理器为中心的软件控制系统。随着新的控制理论和新型电器和电子器件的出现,将不断地推动生产机械电气控制技术的发展。

生产机械电力拖动的初期,常由一台电动机拖动多台设备运行,或使一台机械的多个动作功能由同一台电动机拖动,那么相应的电气控制线路就比较简单。随着生产机械功能的增多,自动化程度的提高,其机械传动系统也必然越来越复杂。为了简化传动机构而出现了分散的拖动形式,即各个运动机械分别由不同电动机拖动,这种电气控制线路就比较复杂。此外,在工业生产过程中,各种参数(例如温度、压力、流量、时间、速度、转矩、功率等)都要求能进行自动调整。这些都促使电气自动控制技术迅速地向前发展,使电气控制线路日趋完善。

在现代化工业生产控制过程中,实际上存在着大量的由开关量控制的简单程序,而生产

工艺流程和工艺过程又是要求经常变更的，那么使用传统的继电器控制系统就不能满足这种要求。在 70 年代出现了用软件手段来实现各种控制功能，以微处理器为核心的新型工业控制器——可编程序控制器完全能够适应各种控制要求，并适应于恶劣的工业环境。由于这种控制器具备计算机控制和继电器控制系统各自的优点，因而，目前在世界各国已将它作为一种标准化通用控制设备，普遍应用于现代工业控制领域中。

近几年来，可编程序控制器在工业过程自动化系统中的应用日益广泛。可编程序控制器从它一问世就是以最基层、最第一线的工业自动化环境及任务为前提的，具有硬件结构简单、安装维修方便、抗强电磁干扰、梯形图编程简单、工作可靠等优点，电气工程技术人員能很快地熟悉它、使用它。近年来，PC 一方面是朝着微型、简易、价廉方向发展，有可能占领一向以继电器控制系统为主流的（诸如一般机床、包装机、传送带、生产自动线等）控制领域；另一方面向大型高功能方向发展延伸。总之，PC 应用很广泛，很有发展前途。

目前，我国在水泥厂、玻璃厂的电气控制和其它工业企业的电气控制设计中已将 PC 作为一种重要控制器用于工业生产过程中，而且在工厂是继电器控制和 PC 控制都在采用。甚至一些工厂将计算机控制、PC 控制、继电器控制组成综合控制系统，以实现生产过程的最佳控制。

第一章 控制电器

第一节 电器的作用与分类

电器是一种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,以实现电力负荷或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节用的电气设备。

电器的用途广泛、功能多样、品种繁多,分类方法也很多。下面介绍几种常用的分类方法。

一、按工作电压等级分

(一) 低压电器

系指工作在 1000VAC 或 1200VDC 以下的各种电器。主要用于低压配电控制系统、动力设备以及电力传动自动控制系统中。低压电器产品主要有刀开关和转换开关、熔断器、断路器、控制器、接触器、继电器、主令电器等类别。本章主要介绍几种电气控制系统中常用的低压电器。

(二) 高压电器

凡工作电压超过 1000VAC 或 1200VDC 的各种电器均称为高压电器。这类电器主要有隔离开关、断路器、接触器、互感器、熔断器和负荷开关等。这些电器主要放在《工厂供电》一课中介绍。

二、按工作职能分

1. 手动操作电器:如各种开关、按钮等。
2. 自动控制电器:如各种自动切换电器、自动控制电器、自动保护电器。
3. 其它电器:如稳压与调压电器、启动与调速电器、检测与变换电器、牵引与传动电器。

三、按使用系统分

(一) 电力拖动自动控制系统用电器

1. 接触器:交流及直流接触器。
2. 继电器:电磁式电压及电流型继电器;直流电磁式、空气阻尼式、电动机式和半导体式等时间继电器、中间继电器、速度继电器、热继电器等。
3. 自动空气断路器:主要有装置式和敞开式两种。
4. 直动式、滚动式和微动式行程开关。
5. 熔断器:主要有螺旋式、管式、瓷插式和快速式几种。
6. 其它电器:如各种按钮、开关等。

(二) 电力系统用电器

1. 互感器:如电压及电流互感器。
2. 继电器:如电磁式电流继电器、感应式电流继电器、电磁式中间继电器、电磁式时间继电器、电磁式信号继电器、差动继电器、瓦斯继电器和温度继电器等。
3. 开关类电器:如隔离开关、断路器、负荷开关等。

4. 自动化通讯用电器。

四、按有无触点分

1. 有触点电器：如接触器、继电器及各种开关等。
2. 无触点电器：如晶体管元件、晶闸管元件等。
3. 混合式电器。

第二节 电磁机构

电磁机构是各种自动化电磁式电器的重要组成部分，因此，研究电磁机构是分析自动化电磁式电器的基础。

一、电磁机构的组成

电磁机构主要由吸引线圈和磁路两部分组成。磁路包括铁芯、衔铁、铁轭和空气隙。其它还有反作用弹簧等组成。电磁机构的分类如下：

(一) 按衔铁的运动方式分

1. 衔铁绕棱角转动 如图 1-1 (a) 所示，衔铁绕铁轭的棱角转动，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 1-1 (b) 所示，用于交流接触器。铁芯用硅钢片叠成。
3. 衔铁沿直线运动 如图 1-1 (c) 所示，衔铁在线圈内作直线运动。铁芯和衔铁均用硅钢片叠成。多用于交流接触器及继电器。

(二) 按线圈的连接方式分

可分为并联（电压线圈）和串联（电流线圈）两种。

(三) 按吸引线圈的电流性质分

可分为直流和交流线圈两种。

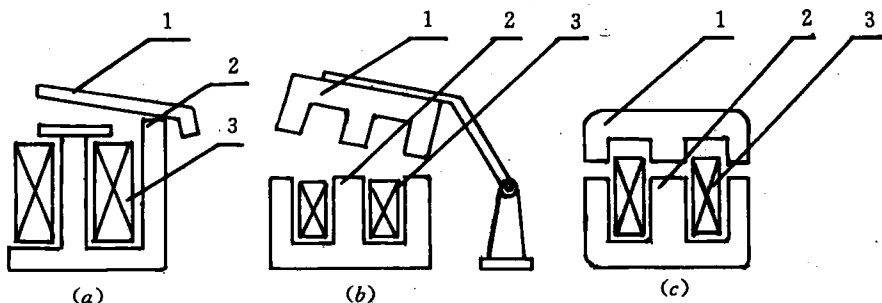


图 1-1 常用磁路结构

1—衔铁；2—铁芯；3—吸引线圈

二、电磁机构的线圈（又叫吸引线圈）

吸引线圈将电能转换成磁场能，它是电磁机构的动力来源。

对于直流励磁的电磁机构，构成磁路的铁芯不易发热，仅存在吸引线圈流过电流时产生的热量。为了扩大线圈的散热面积，并通过铁芯散热，直流电磁机构的吸引线圈常做成瘦高型，且不设线圈骨架，使线圈与铁芯直接接触。

对于交流电磁机构，因构成磁路的铁芯和衔铁均存在着磁滞和涡流损耗，铁芯易发热。这种机构的铁芯和衔铁必须采用硅钢片，而且吸引线圈必须设有骨架，使线圈与铁芯隔离；线

圈要做成矮胖型，以利于铁芯散热。

三、电磁机构吸力与反力特性

电磁机构的工作情况常用吸力特性和反力特性来表征。

(一) 电磁机构的吸力特性

电磁机构的吸力与气隙的关系曲线称为吸力特性。它随吸引线圈的励磁电流种类（交流或直流）、线圈连接方式（串联或并联）的不同而有差异。

电磁机构的吸力 F_x 可近似地按下式求得：

$$\begin{aligned} F_x &= 4 \times 10^5 B^2 S \\ F_x &= 4 \times 10^5 \frac{\Phi_0^2}{S} \end{aligned} \quad (1-1)$$

或

式中 B ——气隙中的磁感应强度，T；

S ——铁芯端面面积， m^2

Φ_0 ——气隙中的磁通或叫主磁通，Wb；

F_x ——电磁吸力，N。

从式 (1-1) 可知，当 S 为常数时， F_x 与 B^2 或 Φ_0^2 成正比。

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

$$\Phi_0 = \frac{IN}{R_m} \propto \frac{1}{R_m} \quad (1-2)$$

则

$$F_x \propto \Phi_0^2 \propto \left(\frac{1}{R_m} \right)^2 \quad (1-3)$$

由式 (1-3) 可知，吸力 F_x 与磁阻 R_m^2 成反比，而磁阻 R_m 与气隙 δ 成正比，则吸力 F_x 与气隙 δ^2 成反比，故吸力 F_x 为二次函数曲线形状，如图 1-2 (a) 所示。它表明衔铁吸合前与后吸力变化很大。

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，其电阻可忽略，则

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

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

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_s \quad (1-6)$$

当频率 f 、线圈匝数 N 、电源电压 U 均为常数时， Φ 为常数，由式 (1-6) 中，因漏磁通 Φ_s 与气隙成正比，则随气隙 δ 的减少， Φ_0 将略有增加。所以当气隙 δ 减少时，吸力 F_x 将有所增加，而当气隙 δ 变化时，线圈中电流 I 将成线性关系变化，即电流 I 与气隙 δ 成正比变化，如图 1-2 (a) 所示。

对于具有电流线圈的交流或直流电磁机构，由于线圈电流不变，由式 (1-2) 可知， I 、 N 不变，则吸力 F_x 与磁阻 R_m 分之一的平方成正比。所以吸力 F_x 与气隙 δ 的平方成反比，如图 1-2 (b) 所示。

不论对于电压型或电流型吸引线圈的电磁机构，当电压或电流增大或减小时所对应的电磁吸力特性也随之向上或向下平移。

从上述可知，对于交流电压型电磁机构，在线圈接入电源而衔铁尚未吸合的瞬间，线圈

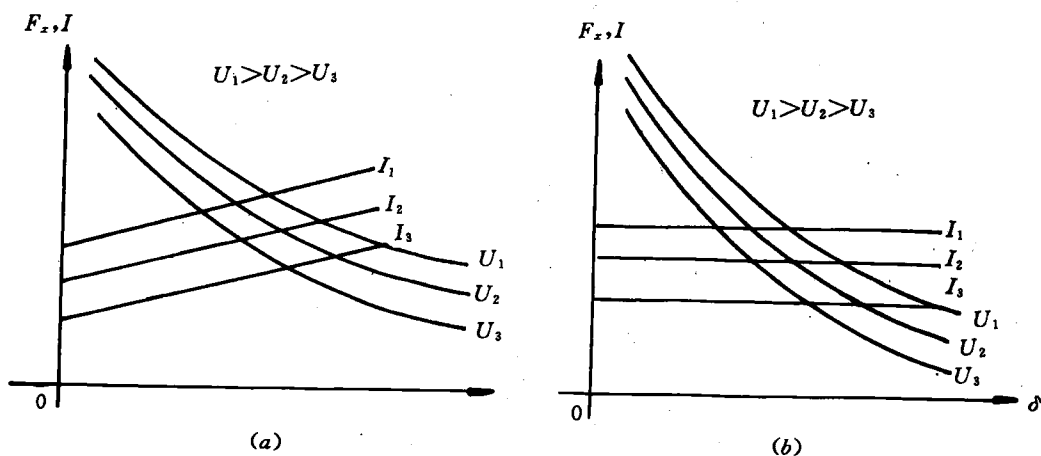


图 1-2 电磁机构的吸力特性

(a) 交流电压型; (b) 直流电压型

中的电流将达到完全吸合后额定电流的 5~6 倍甚至达到 10~15 倍之多。如果衔铁被卡住不能吸合, 或者频繁操作, 线圈可能被烧毁。这就是对于要求高可靠性或要求频繁动作的控制系统应采用直流电磁机构而不采用交流电磁机构的原因。

(二) 电磁机构的反力特性

电磁机构传动部分的静阻力 F_z 与气隙 δ 的关系曲线称为反力特性。阻力 F_z 的大小与作用弹簧、摩擦阻力以及衔铁的自重有关, 如图 1-3 所示。由图可知, 电磁机构阻 F_z 的大小与气隙 δ 成反比, 即气隙越小, 阻力越大。

(三) 吸力特性与阻力特性的配合

图 1-3 所示为吸力特性与阻力特性相配合的曲线。

欲使电磁机构衔铁可靠吸合时, 在整个吸合过程中, 吸力 F_x 必须大于阻力 F_z 。

欲使电磁机构衔铁可靠释放时, 在吸合状态中, 必须使吸力 F_x 小于阻力 F_z 。

为了保证吸合过程中衔铁能正常闭合, 吸力在各个位置上都必须大于阻力, 但也不能太大, 否则会影响电器的机械寿命。一般情况将能保证衔铁可靠吸合的最小电压或电流值叫电磁机构的吸合值。

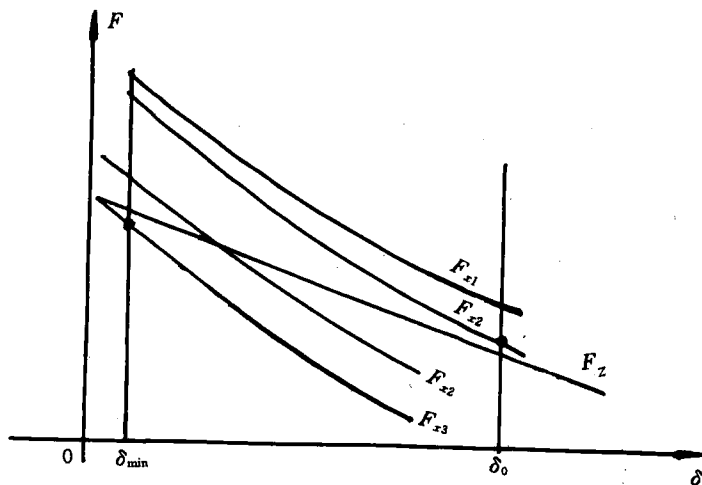


图 1-3 吸力特性与阻力特性的配合

为了保证释放时, 衔铁能够可靠释放 (打开), 那么在衔铁处于吸合状态时的吸力必须小于阻力方能可靠释放。将能保证衔铁可靠释放时的最大电压或电流值叫电磁机构的释放值。

对于一般用作保护的电磁式电器的吸合值和释放值常要依据保护对象进行适当的调整。一般情况下, 当调节电磁机构衔铁完全处于释放状态时气隙 δ_1 的大小, 可以调整其吸合值; 当

调节电磁机构衔铁完全处于吸合状态时的气隙 δ_2 的大小, 可以调整其释放值。

对于单相交流电磁机构, 由于磁通是交变的, 当磁通过零时, 吸力也必然过零, 那么吸合后的衔铁在反力弹簧作用下将被拉开; 磁通过零后吸力又增大, 当吸力大于阻力时, 衔铁又吸合。由于交流电源频率的变化, 衔铁的吸力必随之每个周波两次过零, 因而衔铁产生强烈的振动与噪音, 甚至使铁芯松散。因此, 在交流电磁机构的铁芯端面上都要安嵌上一个铜制的分磁环 (或称短路环), 使铁芯通过两个在时间上相同的磁通, 即可将振动和噪声加以解决。图 1-4 是加装短路环后的电磁吸力和磁通图。

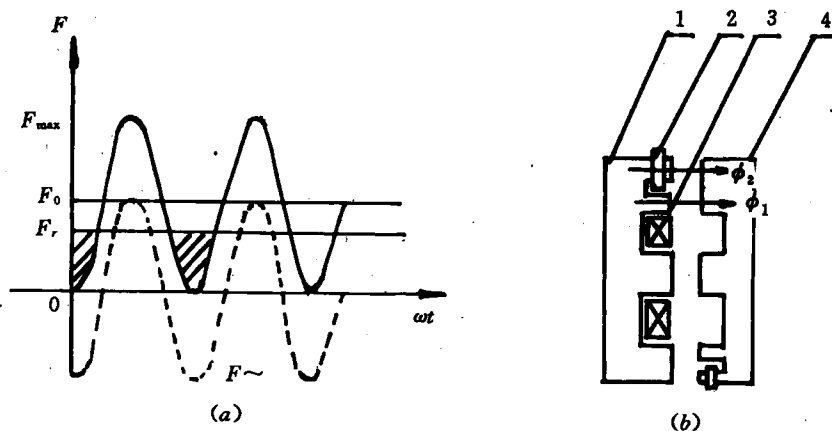


图 1-4 加装短路环后的电磁吸力和磁通图

(a) 电磁吸力图; (b) 磁通示意图

第三节 接触器

接触器是用来接通或切断大电流 (电动机或其它负载) 主电路的一种自动控制电器。

一、接触器的结构与原理

一般接触器由下列几部分组成: 电磁机构、触头机构和灭弧机构。电磁机构是感测部件, 它接受输入操作电信号, 通过本身的动作将输入的电信号转换为执行信号, 通过其衔铁的吸合和释放发出控制命令。触头机构为执行部件, 它接受执行信号, 通过本身的动作来接通和分断主电路。由于接触器经常工作在额定电压下接通和分断额定电流或更大的电流, 因而常有电弧产生, 为此接触器都必须装设灭弧机构。

(一) 电磁机构

如第二节所述。

(二) 触头机构

触头机构主要是利用其触点来接通和分断电路。其结构形式很多, 按其接触形式可分为点接触、线接触和面接触, 如图 1-5 所示。图 1-5 (a) 为点接触, 它有两个半球形触点或一个半球形与一个平面形触点构成。常用于小电流的电器中, 如接触器的辅助触点或继电器的触点。图 1-5 (b) 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。多用于中等容量的触点, 如接触器的主触点。图 1-5 (c) 为面接触, 它允许通过较大的电流。这种触点一般在接触面上镶有合金, 以减小触点接触电阻和提高其耐磨性, 多用于较大容量接触器的触头。

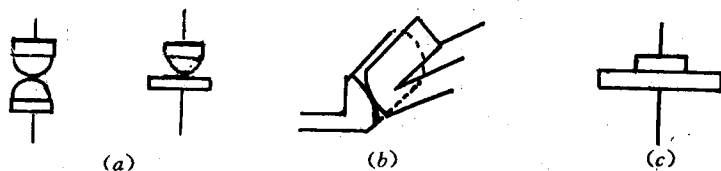


图 1-5 触点的三种接触形式

(a) 点接触; (b) 线接触; (c) 面接触

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。为了减小此电阻, 需在触点间加一定压力。当动触点刚与静触点接通时, 由于安装时弹簧被预先压缩了一段, 因而产生了初压力 F_1 , 如图 1-6 (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个终压力 F_2 , 如图 1-6 (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缩了一段距离。有了超行程, 在触点磨损情况下, 仍具有一定的压力。磨损严重时应予以更换。

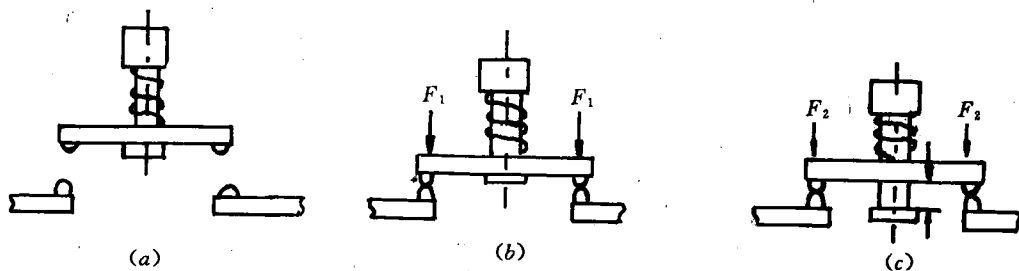


图 1-6 触点的动作位置示意图

(a) 最终拉开位置; (b) 刚刚接触位置; (c) 最终闭合位置

(三) 灭弧机构

当接触器触点切断电路时, 即电路电压超过 $10 \sim 12\text{V}$ 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。在触点分离瞬间, 其间隙很小, 电路电压几乎全部降落在触点之间, 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。当阴极温度达到一定高度时, 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, 这种因温度使原子撞击而产生的电离叫热游离。

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

应当指出, 伴随着电离的进行也同时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时, 电弧熄灭。根据上述灭弧原则, 在电器设备中常用的灭弧装置有:

1. 磁吹式灭弧装置

其原理如图 1-7 所示。在触点电路中串入一个吹弧线圈 3，它产生的磁通通过导磁夹片 4 引向触点周围（图中用“×”号示之）。电弧产生后，由它产生的磁通方向如图中的“⊗”和“⊙”所示。可见在弧柱下部吹弧线圈产生的磁通与电弧产生的磁通是同方向，因而磁通是相加的；而在弧柱上部则是反方向，因而磁通是相减的，结果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 和静触头相连接，其作用是导电弧向上运动，将热量传给罩壁，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，吹弧的能力越强。它广泛应用于直流接触器的灭弧机构中。

2. 电动力吹弧

图 1-8 是一种桥式结构双断点触头系统。当触点断开时，在断口中产生电弧。载流体在弧区产生如图中以⊗表示的磁场，与电弧电流相互作用而产生一个指向外侧的电动力 F ，使电弧拉长，并迅速越穿冷却介质而加快冷却并熄灭电弧。一般用于交流接触器中。

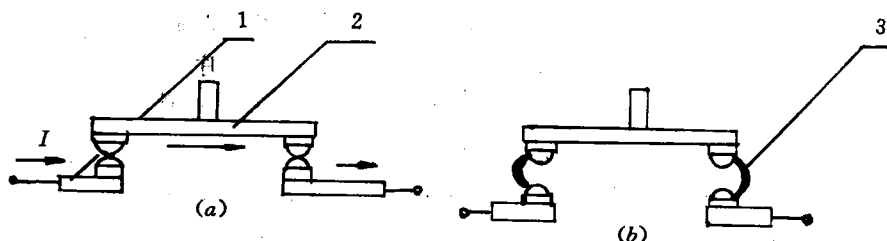


图 1-8 桥式触点

(a) 闭合状态；(b) 断开状态；

1—动触点；2—静触点；3—电弧

3. 栅片灭弧

图 1-9 是栅片灭弧示意图。当电器触点分断时，产生的电弧在吹弧电动力作用下被推向一组静止的金属片（即栅片）。它们彼此间互相绝缘。电弧进入栅片后，被分割成一段段串联的电弧，而电弧栅片就是这些短电弧的电极。栅片的作用是导出电弧的热量，并分割成若干个串联的短弧。当总的电弧压降大于线路电压时，电弧便不能维持而被熄灭。

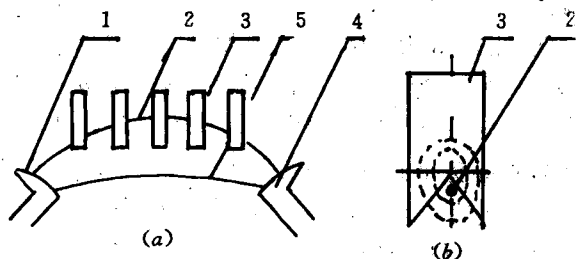


图 1-9 灭弧栅灭弧原理

(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

4. 灭弧罩灭弧

它是一种比栅片更为简单的用陶土和石棉水泥做成的耐高温的灭弧罩，用以降温和隔弧。

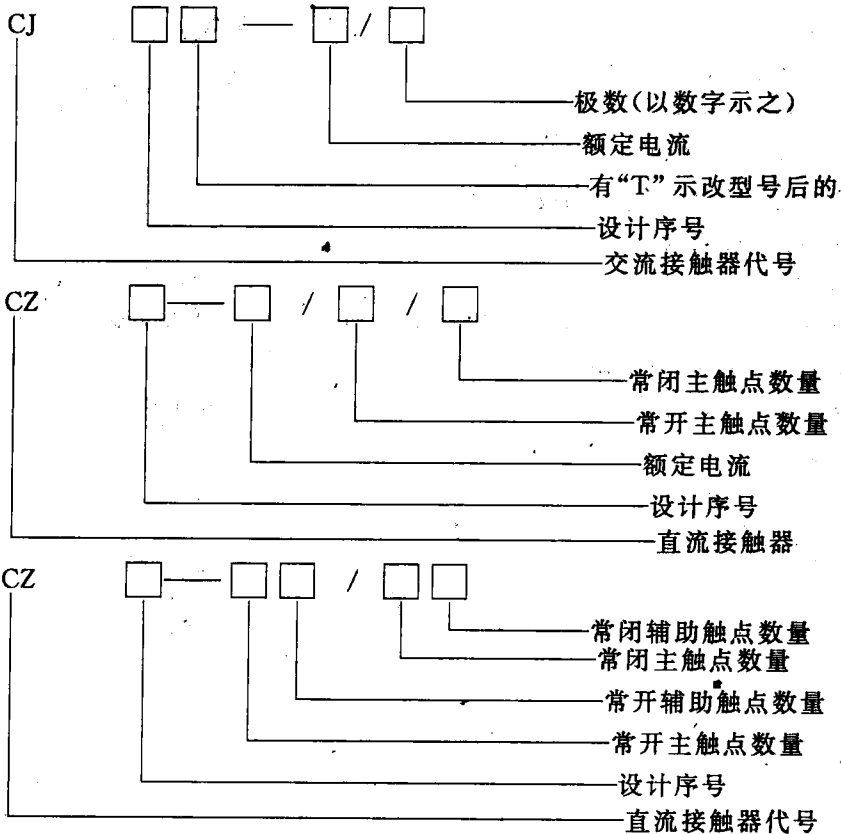
可用于交流与直流灭弧装置。

(四) 工作原理

将接触器吸引线圈接入电源后，电磁机构便产生电磁力。当电磁吸力大于阻力时，其衔铁便可可靠吸合，触头机构中的常闭触点断开，而常开触点闭合，发出接通大电流电路的命令。当接触器吸引线圈上所加电压减少或消失时，至使电磁吸力小于阻力时，其衔铁便可可靠释放，触头机构中的常开触点断开，常闭触点闭合，从而发出断开大电流电路的命令。

二、接触器的主要技术参数

(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 250A，三个主触点。

CJ12B-250/3 为 CJ12 系列改型后的交流接触器，额定电流为 250A，三个主触点。

CZ0-100/20 为 CZ0 系列直流接触器，额定电流为 100A，两个常开主触点。

我国生产的交流接触器常用有 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，并适宜于频繁地启动及控制交流电动机。

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。

以上系列接触器产品的主要技术数据列于附表 17、18、19、20、21 中，供参考。

近年来引进的德国西门子公司 3TB 型系列、BBC 公司的 B 型系列等交流接触器具有 80 年代初期水平。