

机电传动控制

赵永成 王 丰 李明颖 编著
王学俊 主审

5



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



机电传动控制

赵永成 王 丰 李明颖 编著
王学俊 主审

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

机电传动控制/赵永成,王丰,李明颖编著. —北京:中国计量出版社,2003.8
ISBN 7-5026-1832-5

I. 机… II. ①赵…②王…③李… III. 电力传动控制设备 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 061896 号

内 容 提 要

本书主要介绍电气控制电路的基本组成、原理和设计方法。内容包括绪论、继电器接触器基本控制电路、电气控制线路设计、交直流电机无级调速控制、可编程序控制器、可编程序控制器系统设计、可编程序控制器安装与接线。各章附有习题与思考题。本书思路清晰,内容实用,便于教学和自学。

本书可作为高等院校“机械工程及自动化”专业的教材,也可供有关专业师生以及从事电气控制技术工作的工程技术人员参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话(010)64275360

E-mail jifxb@263.net.cn

北京市密东印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm × 1092mm 16 开本 印张 16.25 字数 388 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

*

印数 1—4000

定价:25.00 元

前 言

《机电传动控制》是根据机械工程及自动化专业控制类课程教学大纲要求而编写的,是机械工程及自动化专业一门专业技术基础课。它从电力拖动自动控制这一观点出发,阐述了工程中常用的机电拖动自动控制应用的技术和方法。

本书介绍了接触器、继电器控制电路。内容包括常用电气控制电路的原理和性能,常用电器的结构,电器控制电路的构成方法,电器控制电路的设计思路和方法。随着科学技术的发展,可编程序控制器越来越多地渗入到电气控制电路中,对提高我国自动化水平和生产率起着十分重要的作用。本书从应用的角度出发,在讲述可编程序控制器工作原理的基础上,重点介绍有关应用方面的知识,尽量避免过多地涉及计算机的知识和可编程序控制器的内部结构,使仅学过电工学的读者能够看懂并加以应用。每章后面均附有习题与思考题,使学生对所学知识能进一步理解和掌握。书中的术语、图形和文字符号均采用新的国家标准。

全书共分七章。第一章、第四章由大连轻工业学院李明颖编写;第二章、第三章由河北理工学院王丰编写;第五章、第六章、第七章由大连铁道学院赵永成编写。本书由大连轻工业学院王学俊主审。本书可作为高等院校“机械工程及自动化”专业的教材,也可供其他有关专业师生以及从事电气控制技术工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中得到河北理工学院机械系段润保、刘学东老师大力支持,在此谨致衷心感谢。由于编者水平有限,书中错误或不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2003年8月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 机电传动及其控制系统的发展概况.....	(1)
第二节 机电一体化技术.....	(3)
习题与思考题.....	(4)
第二章 继电器接触器基本控制电路	(5)
第一节 常见低压电器.....	(5)
第二节 电气原理图的画法.....	(29)
第三节 异步电动机的起动控制线路.....	(37)
第四节 异步电动机的正反转控制线路.....	(48)
第五节 异步电动机的制动控制线路.....	(49)
第六节 电液控制.....	(53)
第七节 其他基本控制线路.....	(56)
习题与思考题.....	(60)
第三章 电气控制线路的设计	(63)
第一节 电气控制线路设计的一般原则.....	(63)
第二节 电动机容量的选择.....	(71)
第三节 常用电器元件的选择.....	(80)
第四节 电气控制线路设计举例.....	(101)
习题与思考题.....	(105)
第四章 交直流电机无级调速控制	(107)
第一节 电机调速的概念和指标.....	(107)
第二节 直流电机无级调速.....	(110)
第三节 交流电机无级调速.....	(123)
习题与思考题.....	(138)
第五章 可编程序控制器	(140)
第一节 可编程序控制器概述.....	(140)
第二节 可编程序控制器的基本组成和工作原理.....	(142)
第三节 PLC 编程元件及编程语言.....	(157)
第四节 指令及其编程方式.....	(163)
第五节 编程指导.....	(191)
第六节 基本电路编程举例.....	(193)
习题与思考题.....	(199)

第六章 可编程序控制器控制系统设计	(202)
第一节 可编程序控制器控制系统设计概述.....	(202)
第二节 经验设计法.....	(210)
第三节 顺序控制系统的状态表设计法.....	(214)
第四节 设计举例.....	(220)
习题与思考题.....	(232)
第七章 安装与接线	(235)
第一节 安装.....	(235)
第二节 接线.....	(240)
习题与思考题.....	(244)
附录 扫描时间	(245)
参考文献	(251)

第一章 绪 论

第一节 机电传动及其控制系统的发展概况

一、机电传动的发展

机电传动及其控制系统总是随着社会生产的发展而发展的。20世纪初,由于电动机的出现,使得机床的传动发生了变革,用电动机代替蒸汽机。而后,它的发展大体上经历了成组拖动、单电机拖动、多电机拖动和交、直流无级调速四个阶段。

1. 成组拖动

是一台电动机拖动一根天轴,然后再由天轴通过皮带轮和皮带分别拖动各生产机械,这种拖动方式生产效率低、劳动条件差,一旦电动机发生故障,将造成成组的生产机械停车。

2. 单电机拖动

是用一台电动机拖动一台生产机械,较之成组拖动简化了传动机构,缩短了传动路线,提高了传动效率,至今中小型通用机床仍有采用单电机拖动。

3. 多电机拖动

即一台生产机械的每一个运动部件分别由一台专门的电动机拖动,例如龙门刨床的刨台、左右垂直刀架与侧刀架、横梁及其夹紧机构,均分别由一台电动机拖动,这种拖动方式不仅大大简化了生产机械的传动机构,而且控制灵活,为生产机械的自动化提供了有利的条件,所以现代化机电传动基本上均采用这种拖动形式。

4. 交、直流无级调速

电气无级调速具有可灵活选择最佳切削速度和极大简化机械传动结构的优点。由于直流电动机具有良好的起动、制动和调速性能,可以很方便地在宽范围内实现平滑无级调速,所以20世纪30年代以后直流调速系统在重型和精密机床上得到广泛应用。60年代以后,由于大功率晶闸管的问世,大功率整流技术和大功率晶体管的发展,晶闸管直流电动机无级调速系统和采用脉宽调制的直流调速系统获得广泛应用。80年代以后,由于半导体交流技术的发展,使得交流电动机调速系统有突破性进展。交流调速有许多优点,单机容量和转速可大大高于直流电机,交流电机无电刷与换向器,易于维护,可靠性高,能用于带有腐蚀性、易爆性、含尘气体等特殊环境中。与直流电机相比,交流电机还具有体积小、重量轻、制造简单、坚固耐用等优点。

点。交流调速已突破关键性技术,从实用阶段进入了扩大应用、系列化的新阶段。以鼠笼式交流伺服电机为对象的矢量控制技术,是近年来新兴的控制技术,它能使交流调速具有直流调速的优越调速性能。交流变频调速器、矢量控制伺服单元及交流伺服电机已日益广泛地应用于工业中。交流调速的发展必将对机床行业产生深远影响,必须引起充分重视。

二、机电传动控制系统的发展

自从以电动机作为原动机以来,伴随着电气拖动的发展,机电传动控制的发展经历了以下几个阶段:

1. 继电器接触器控制

最早的自动控制是 20 世纪 20 ~ 30 年代出现的传统继电器接触器控制,它可以实现对控制对象的启动、停车、调速、自动循环以及保护等控制。该方式的优点是它所使用的控制器件结构简单、价廉、控制方式直观、易掌握、工作可靠、易维护,在机床控制上得到广泛的应用。但是经过长期使用,人们发现这种控制方式存在不足之处,那就是体积大、功耗大、控制速度慢,改变控制程序困难,由于是有触点控制,在控制系统复杂时可靠性降低。所以,不适合对生产工艺及流程经常变化的机械进行控制。

2. 顺序控制器控制

20 世纪 60 年代,随着半导体技术的发展,出现了顺序控制器。它是继电器和半导体元件综合应用的控制装置,具有程序改变容易、通用性较强等优点,广泛用于组合机床、自动线上。后来随着微电子技术和计算技术的发展,电气控制技术的发展出现了两个分支:即可编程序控制器和数字控制技术,它们已成为典型的机电一体化技术产品。

3. 可编程序控制器 PLC

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品。它是以微处理器为核心,顺序控制为主的控制器,不仅具有顺序控制器的特点,而且具有微处理器的运算功能。PLC 的设计以工业控制为目标,因而具有功率级输出、接线简单、通用性强、编程容易、抗干扰能力强、工作可靠等一系列优点。它一问世即以强大的生命力,大面积地占领了传统的控制领域。PLC 的一个发展方向是微型、简易、价廉,以适应单机控制和机电一体化,使 PLC 更广泛地取代传统的继电器控制;而它的另一个方向是向大容量、高速、高性能,实现 PLC 与管理计算机之间的通信网络,形成多层分布控制系统,对大规模复杂控制系统能进行综合控制。

4. 数字控制技术 NC

电气控制技术发展的另一个分支为数字控制技术,它是以数字化的信息,通过数控装置(专用或通用计算机)实现控制的一种技术,它最典型的产品就是数控机床。它集高效率、高柔性、高精度于一身,特别适合多品种、小批量的加工自动化。最初的数控装置实质上是一台专用计算机,由固定的逻辑电路来实现专门的控制运算功能,可以实现插补运算。

在数字控制的基础上,又出现了以下几种高级的电气控制方式。

5. 计算机数字控制技术 CNC

CNC 又称微机数字控制技术,它是将数控装置的运算功能采用小型通用计算机来实现,运算功能更强,再后来就是加工中心机床。

6. 加工中心机床 MC

加工中心机床是采用计算机数字控制技术,集铣床、镗床、钻床三种功能于一体的加工机床,它单轴加工,配有刀库和自动换刀装置,大大地提高了加工效率,是多工序自动换刀数控机床。

7. 自适应数控机床 AC

自适应数控机床可针对加工过程中,加工条件的变化(材料变化、刀具磨损、切削温度变化等),做自动适应调整,使加工过程处于合理的最佳状态。自适应数控机床是基于最优控制及自适应控制理论,在扰动下实现最优。

8. 柔性制造系统 FMS

柔性制造系统将一群数控机床与工件、刀具、夹具以及自动传输线、机器人、运输装置相配合,并由一台中心计算机(上位机)统一管理,使生产多样化,生产机械赋予柔性。可实现多级控制。FMS是适应中小批量生产的自动化加工系统。有些较大的FMS是由一些很小的FMS组成,而这些较小的FMS系统也称为柔性加工单元。

柔性制造系统虽具有柔性,但不能保证“及时生产”(边生产边设计)。因为缺少计算机辅助设计等环节。

9. 计算机集成制造系统 CIMS

在柔性制造系统基础上,再加上计算机辅助环节,使设计与制造一体化,便形成了集成制造系统。它是用计算机对产品的初始构思设计、加工、装配和检验的全过程实行管理,从而保证生产既多样化,又能“及时生产”,整个生产过程完全自动化。CIMS是根据系统的观点将整个车间或工厂作为一个系统,用计算机对产品的初始构思和设计直至最终的装配和检验的全过程实行管理和控制。因此,只要对CIMS系统输入所需产品的有关信息和原始材料,就可以自动地输出经检验的产品。可以说,CIMS是今后电气自动控制发展的方向。

第二节 机电一体化技术

随着生产和技术的发展,在以机械、电子技术为主的多门技术学科相互渗透、相互结合过程中逐渐形成和发展起来了一门新兴边缘技术学科。它对产业或产品结构、生产或管理方式以及人才的知识结构等将产生巨大影响,并使国民经济建设的各个领域发生深刻的变化。70年代初,日本人为这一科学技术领域创造了一个新术语,称为机械电子学(Mechatronics),在我国则称机电一体化。现在,机电一体化已成为世界各国竞相发展的科学技术领域。

一、机电一体化技术基本概念

机电一体化的英文名称是 Mechatronics,是由日本人通过截取英文机械学(Mechanics)的词头和电子学(Electronics)的词尾组合在一起而创造出来的一个新的英文名词。

从词义上看即机械与电子的结合,但并非机械与电子技术的简单叠加或一般的结合,而是有机的融合。关于机电一体化的定义,国内外说法不一,尚无定论。日本较权威的解释被大家普遍接受,即:“机电一体化是指在机构的主动能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引入电子技术,并将机械装置和电子设备以及软件等有机结合而构成系统的总称。”它的一般含义

包括技术和产品两个方面:机电一体化技术是机械工程和电子工程、机械技术和电子技术合成的产物。机电一体化产品一般是在机械产品的基础上采用电子技术、控制技术和计算机技术等,通过相互渗透和融合所产生出来的新一代产品和系统。

二、机电一体化的共性关键技术

机电一体化系统(或产品)和人体相似,人体通过感官得到各种信息,通过神经传递给大脑,经大脑思维处理,调节并指挥各部分动作,机电一体化系统(或产品)则是由各种检测传感元件或系统,收集各种信息(如位置、速度、加速度、温度、湿度、力、力矩、环境等),然后传给信息处理中心(如 CPU),经过处理与调整,由自动控制系统指挥传动机构进行工作。整个系统通过接口联接,按软件包给定的范围进行调整,使各有关部分协调动作。因此,要在优先发展的产品(或系统)领域实现机电一体化,必须解决这些产品(或系统)采用微电子技术所面临的共性关键技术,这些共性关键技术有检测传感技术、信息处理技术、伺服驱动技术、自动控制技术、精密机械技术及系统总体技术等。

三、机电一体化技术的发展前景

随着社会生产和科学技术的发展与进步,机电一体化技术正在不断地深入到各个领域并迅猛地向前推进。特别是近几年来在机械工业部门引起了许多深刻的变革。因此,了解其发展前景与发展趋势,对于掌握新技术产生与经济发展的关系与规律,对于跟踪世界科学技术发展的步伐都是十分重要的。

应该说,世界各先进工业国家发展机电一体化各有特点,其发展的重点和具体做法也不尽相同,但总的趋势则是趋于一致的。归纳起来大概有如下三个方面:性能上,向高精度、高效率、高性能、智能化的方向发展;功能上,向小型化、轻型化、多功能方向发展;层次上,则向系统化、复合集成化的方向发展。机电一体化是科学技术发展的必然趋势,并将成为 21 世纪的主流技术之一。

习题与思考题

- 1.1 机电传动与控制的发展各经历了哪些阶段?
- 1.2 关于机电一体化的涵义,虽然有多种解释,但都有一个共同点,这个共同点是什么?
- 1.3 机电一体化的共性关键技术有哪些?
- 1.4 机电一体化的发展前景如何?

第二章 继电器接触器 基本控制电路

第一节 常用低压电器

低压电器是用于电压为交流 1200V、直流 1500V 及以下的电路中起通断、保护、控制、调节及转换作用的电器。

根据在电路中所处的地位和作用,低压电器可归纳分为两大类:一类为低压控制电器,用于各种控制电路和控制系统中,能够根据外界信号手动或自动地接通、断开电路,以实现电路或被控对象的控制。主要有接触器、继电器、主令电器、电动机起动器等。另一类为低压配电电器,用于低压配电系统中对电能进行输送、分配和保护,主要有刀开关、自动空气开关和熔断器等。

低压电器按动作方式的不同可分为自动电器和非自动电器。自动电器具有电磁铁等动力机构,在完成电路接通和断开操作时,依靠外部指令和信号或其本身参数的变化而自动地进行工作,如接触器、继电器、电磁阀等。非自动电器主要依靠人力或其他外力直接操作来完成电路切换等动作,如按钮开关、行程开关、转换开关、刀开关等。

此外,低压电器按有无触点分为有触点电器、无触点电器及混合式电器;按所应用的系统分为电力系统用电器、电力拖动自动控制系统用电器、通信系统用电器;按应用场合分为一般工业用电器、特殊工矿用电器、航空用电器、船舶用电器、建筑用电器、农用电器等。

电力拖动控制系统可以分成两大部分,一部分是用于接通和断开电动机的主电路,由电动机及其相关电器元件(如电器主触头)等组成,允许通过较强的电流;另一部分是控制电路,一般由电器线圈及其辅助触头、按钮、行程开关等组成,只能通过较弱的电流,其任务是根据给定指令,按照控制规律和生产工艺要求,对主电路进行控制。由于主电路和控制电路的职能和传送的能量不同,因此所使用的电器元件也不同。

本节主要介绍电力拖动自动控制系统中常用低压电器的结构、工作原理、应用及其图形、文字符号。

一、接触器

接触器是在低压电路系统中远距离控制、频繁接通和切断交直流主电路和大容量控制电

路的自动控制电器,主要控制对象为交直流电动机,也可用于电焊机、电热设备、照明设备等其他负载的控制。接触器具有大容量的执行机构及迅速熄灭电弧的能力。当系统发生故障时,可以根据故障检测信号,迅速可靠地切断电源,并有欠(零)电压保护功能。因此,接触器在电力拖动自动控制系统中应用十分广泛。本节涉及的是电磁式接触器,简称接触器。

(一)结构和工作原理

接触器主要由电磁系统、触头系统、灭弧装置等部分组成。按主触头所控制的电路种类,接触器可分为交流接触器和直流接触器,其结构和工作原理分别如图2-1~图2-3所示。当线圈通电后,铁心和衔铁中产生磁通,所产生的电磁吸力克服弹簧的反作用力,吸引衔铁动作,并带动动触头和静触头接触闭合,从而完成接通主电路的操作。当线圈断电或电压显著下降时,由于电磁吸力消失或过小,在反作用弹簧的作用下,衔铁带动动触头与静触头分开,从而切断主电路。

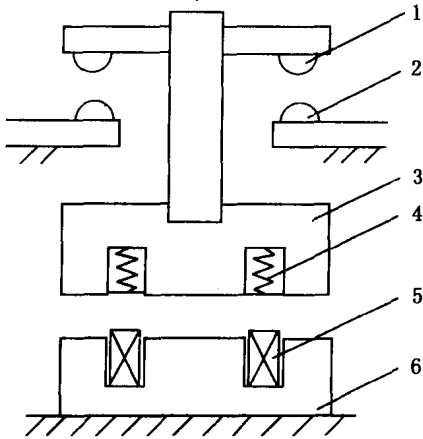


图 2-1 交流接触器原理示意图
1—动触头;2—静触头;3—衔铁;
4—反作用弹簧;5—线圈;6—铁心

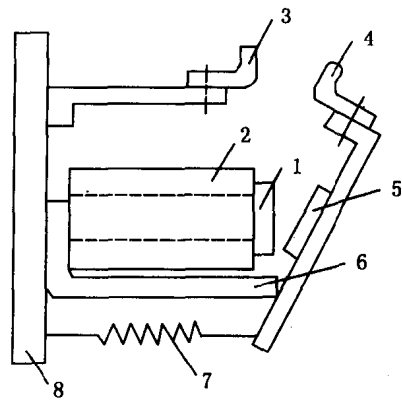


图 2-2 直流接触器原理示意图
1—铁心;2—线圈;3—静触头;4—动触头;
5—衔铁;6—磁轭;7—反作用弹簧;
8—底板

下面将分别对各主要部分作简要的介绍。

1. 电磁系统

电磁系统包括吸引线圈、铁心、衔铁三部分,其作用是将电磁能转变为机械能,产生电磁吸力,带动衔铁和触头动作。

吸引线圈 按线圈中通电种类可分为直流线圈和交流线圈两种。

铁心 可以是U形,也可以是E形(如图2-4b和c所示)。

衔铁 衔铁的运动方式有三种:绕磁轭棱角转动方式(图2-4a)、绕轴转动方式(图2-4b)及直线运动方式(图2-4c)。前一种适用于直流接触器,后两种常用于交流接触器。

2. 触头系统

触头是接触器的执行元件,用来接通或分断被控制电路。

触头按所控制的电路可分为主触头和辅助触头。主触头接在主电路中,用于通、断主电路,允许通过较大的电流;辅助触头接在控制电路中,用于通断控制电路,只能通过较小的电流。

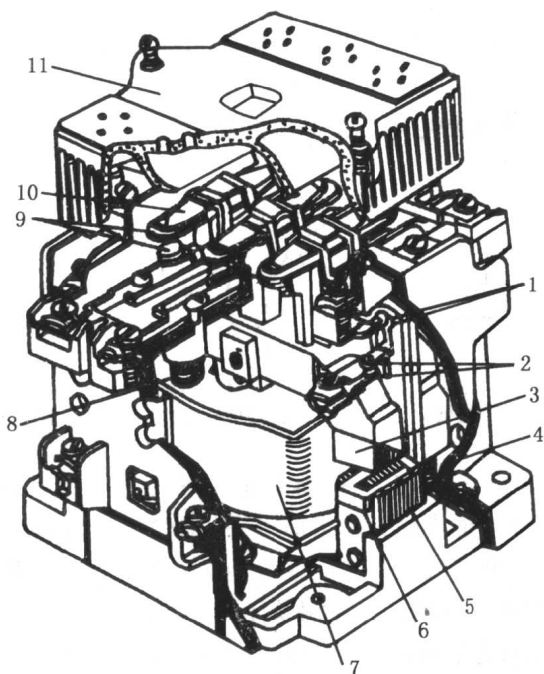


图 2-3 CJ0-20 系列交流接触器

- 1—辅助动断触头；2—辅助动合触头；
3—衔铁；4—缓冲弹簧；5—铁心；6—短路环；
7—线圈；8—反作用弹簧；9—主触头；
10—触头压力弹簧片；11—灭弧罩

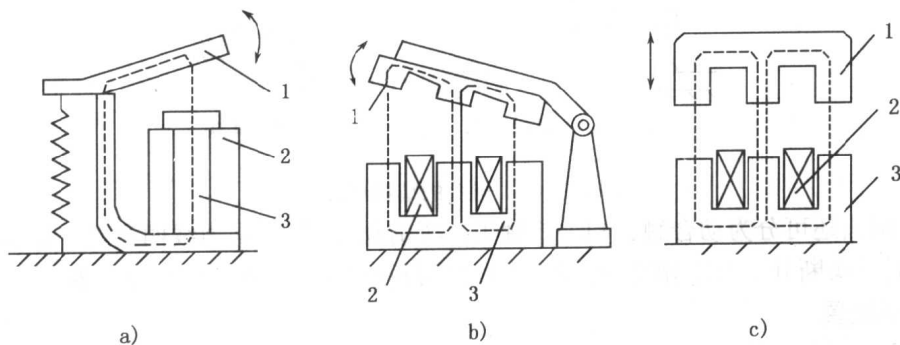


图 2-4 接触器电磁系统的结构形式

- 1—衔铁；2—线圈；3—铁心

触头按其接触形式可分为点接触、线接触和面接触三种，如图 2-5 所示。

图 2-5a 为点接触，由两个半球形触头或一个半球形触头和一个平面形触头构成，用于小电流电器中，如接触器的辅助触头或继电器触头。图 2-5b 为线接触，常做成指形触头结构，如图 2-6b 所示。它的接触区域为一条直线，触头的通断过程是滚动接触，并产生滚动摩擦，以利于去除氧化膜。刚开始接通时，动静触头在 A 点处接触，然后经 B 点滚动到 C 点，并在 C 点保持接通状态。断开时触头反方向运动，最后从 A 点处断开。这样，触头接通和断开均在 A

点,而长期正常工作的位置是在C点,从而有效避免了电弧对触头的损伤。同时,触头在滚动过程中可以自动清除触头表面的氧化物,保证了触头可靠地接触。线接触触头多用于中等容量的电器,如接触器的主触头。图2-5c为面接触,允许通过较大电流。这种触头一般在接触表面上镶有合金,以减少触头接触电阻和提高耐磨性,多用于大容量接触器的触头。

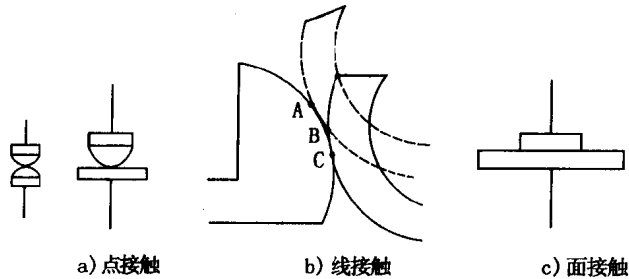


图 2-5 触头的接触形式

触头按其结构形式可分为桥式触头和指形触头。图2-6a所示为双断点桥式触头的结构示意图。这种触头常用于小型交流接触器或继电器中。其优点是灭弧效果较好;触头开距小,使得接触器结构紧凑,体积小。它的缺点是触头不能自动净化,因此,必须采用银或银基合金作触头材料。图2-6b所示为单断点指形触头。该触头的特点是在闭合、断开过程中产生滚动运动,能够自动去除表面氧化膜,以保证触头的良好接触。因此触头材料可采用铜或铜基合金。其缺点是触头开距大,使接触器的体积增大。

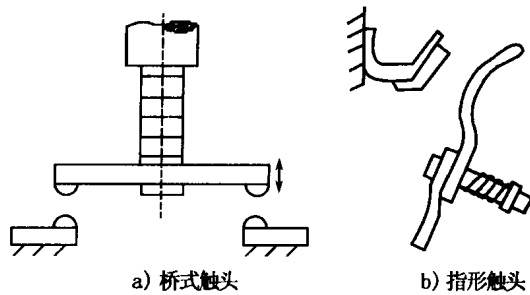


图 2-6 触头的结构形式

此外,触头还可分为动合触头和动断触头。所谓动合触头,是当线圈通电后触头闭合,而线圈断电时触头断开。与之相反,动断触头在线圈断电时闭合,在线圈通电后断开。

3. 灭弧装置

当触头切断电路的瞬间,如果电路的电流(电压)超过某一数值,则在动、静触头间将产生强烈的弧光放电现象,称为电弧。电弧的出现会对电器产生以下影响:①触头虽然已经打开,但是由于电弧的存在,使需要断开的电路实际上并未真正断开;②电弧的高温可能灼伤触头;③电弧向四周喷射,会损坏电器及其周围物质,严重时会造成短路,引起火灾。由于接触器通断的是大电流电路,电弧的影响尤为突出。为此,必须采用灭弧装置使电弧迅速熄灭,以保证接触器可靠、安全地工作。常用的灭弧方法和装置有以下几种:

(1)双断点灭弧 图2-7所示的桥式触头具有双断点。当触头分断时,在左右断点处产生两个彼此串联的电弧。由于电弧电流方向相反,所以两个电弧在图中以“⊕”表示的磁场中

受到电动力 F 的作用,产生向外运动并被拉长,使其迅速穿越冷却介质而加速冷却,故电弧很快熄灭。此外,双断点将长电弧分为两个短电弧,从而削弱了电弧的作用。因此,小容量交流接触器和继电器通常采用桥式触头灭弧,无需再加设其他灭弧装置。但是在大容量接触器中则需配合使用其他灭弧方法。

(2)灭弧罩灭弧 灭弧罩通常用耐弧陶土、石棉水泥或耐弧塑料制成。安装时灭弧罩将触头罩住。当电弧发生时,电弧进入灭弧罩内与罩壁接触,弧温迅速下降,使电弧容易熄灭。同时灭弧罩还起到隔弧作用,以防止发生短路。灭弧罩常用于交流接触器中。

(3)栅片灭弧 灭弧栅的灭弧原理如图 2-8 所示。灭弧栅由许多镀铜薄钢片(称为栅片)组成,安装在触头上方的灭弧罩内,彼此之间互相绝缘。当触头分断电路时,在触头间产生电弧,电弧电流产生磁场。导磁性能良好的栅片将电弧吸入,并将电弧分割成许多串联的短弧,当交流电压过零时,电弧自然熄灭,若想重燃电弧,栅片间必须有 $150 \sim 250\text{V}$ 电压。而每个栅片间的电压不足以达到燃弧电压,同时由于栅片吸收电弧热量,使电弧迅速冷却而很快熄灭。因此,电弧自然熄灭后就很难重燃。灭弧栅装置常用于交流接触器。

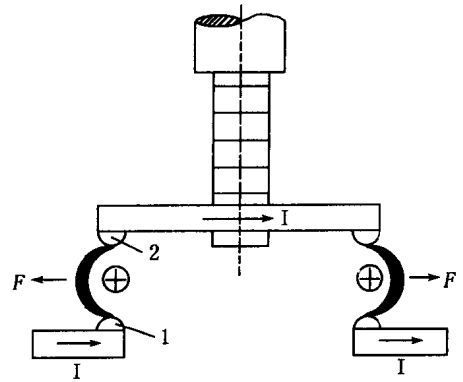


图 2-7 桥式触头灭弧原理

1—静触头;2—动触头

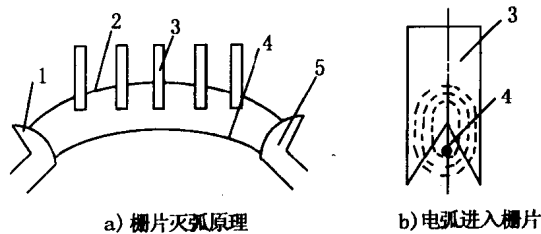


图 2-8 灭弧栅灭弧原理

1—静触头;2—短电弧;3—灭弧栅片;

4—长电弧;5—动触头

(4)磁吹灭弧 磁吹灭弧装置的工作原理如图 2-9 所示。在触头回路(主电路)中串接一磁吹线圈,通入电流后产生磁场。当电流逆时针流经磁吹线圈时,磁吹线圈产生的磁通经导磁轭片引向触头周围,方向如图 2-9 所示。可将触头断开时所产生的电弧看成是一载流导体,电流由静触头流向动触头。此时,根据左手定则可以确定电弧在磁吹线圈磁场中受到一个方向向上的电磁力 F 的作用, F 向上拉长电弧并将电弧吹入灭弧罩中。与静触头相连的灭弧角对电弧的向上运动起到引导作用,并将热量传递给灭弧罩壁,加速电弧冷却,促使电弧迅速熄灭。可见,磁吹灭弧装置是依靠电弧电流本身进行灭弧的,故电弧电流越大,电弧受力越大,电弧越容易被熄灭。但应注意的是,由于电磁吹力 F 与电弧电流平方成正比,电弧电流较小时,电弧受力较小,结果使灭弧效果大大削弱,这也是这种灭弧方法的缺点。磁吹灭弧装置广泛应用于直流接触器中。

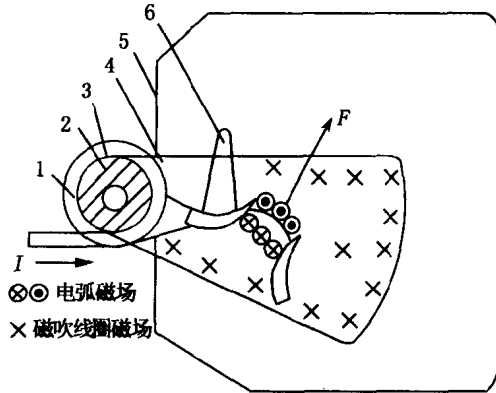


图 2-9 磁吹灭弧工作原理

1—磁吹线圈； 2—铁心； 3—绝缘套管；
4—导磁颊片； 5—灭弧罩； 6—灭弧角

(5)纵缝灭弧 纵缝灭弧的灭弧原理是在产生电弧时,依靠外界磁场或电动力将电弧吹入纵缝,电弧在与纵缝的接触中加速冷却而熄灭。如图 2-10 所示,纵缝的下部较宽,以便放置触头;纵缝的上部较窄,使电弧与纵缝壁良好接触,以利于热量交换。

除了上面介绍的这几种方法外还有其他的灭弧方法。在实际应用中,有时只采用上述方法中的一种即可达到灭弧效果,有时则应将多种方法并用,以增强灭弧能力。

(二)交流接触器

交流接触器的主触头用于接通和分断交流主电路,当交变磁通穿过铁心时,将产生涡流和磁滞损耗,使铁心发热。为了减少因涡流和磁滞损耗造成的能量损失,铁心用硅钢片冲制后叠铆而成。为了便于散热,线圈在骨架上绕成扁而厚的圆筒形状,并与铁心隔离。交流接触器的线圈匝数较少,故电阻小,当线圈通电而衔铁尚未吸合的瞬间,电流将达到工作电流的 10~15 倍。如果衔铁被卡住而不能吸合,或频繁动作,线圈将有可能被烧毁。所以,对于要求频繁启停的控制系统不宜采用交流接触器。

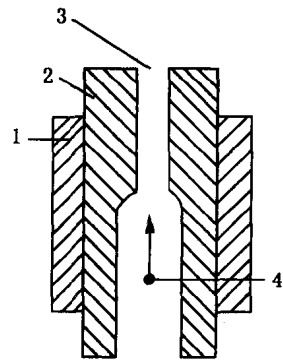


图 2-10 纵缝灭弧

1—钢板； 2—灭弧罩；
3—纵缝； 4—电弧

由于交流接触器铁心中的磁通是交变的,因此所产生的电磁吸力也是随时间变化的。当磁通过零时,电磁吸力也为零,已吸合的衔铁在反力弹簧的作用下被拉开。随后磁通又很快上升,电磁吸力增大,当吸力大到足以克服弹簧反力时,衔铁又被吸合。于是,交流电源频率的变化,使衔铁产生强烈的振动和很大的噪音。当电源频率为 50Hz 时,衔铁每秒钟将发生 100 次的振动,使触头不能可靠地闭合,甚至使铁心迅速损坏。短路环就是为了解决这一问题而设的。

短路环安装在交流接触器铁心端面,但并不是包围整个端面,而是包围端面面积的 2/3 (图中的 S_2),其结构如图 2-11 所示。

当交变磁通穿过短路环所包围的铁心端面 S_2 时,将在环内产生感应电势和感应电流。根据电磁感应定律,此感应电流所产生的磁通将反抗交变磁通 Φ 的变化,致使穿过 S_2 面的磁通

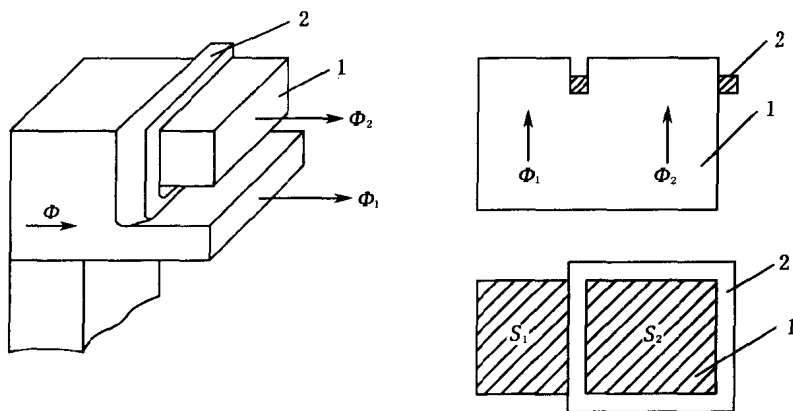


图 2-11 加短路环的交流接触器铁心

1—铁心； 2—短路环

Φ_2 在相位上落后于短路环外铁心端面 S_1 中的磁通 Φ_1 。这两个磁通分别产生各自的电磁吸力 F_1 和 F_2 ，而且 F_2 将滞后于 F_1 一个角度，如图 2-12 所示。可见， F_1 和 F_2 不会同时达到零值，因而其合力 $F_1 + F_2$ 将始终不经过零点。如果设计合理，此合力将始终大于弹簧反力，使衔铁稳定吸合，从而消除了交流电磁机构的振动和噪声。交流接触器通常采用灭弧罩和灭弧栅灭弧。

(三) 直流接触器

直流接触器的主触头用来通断直流主电路。和交流接触器不同，直流接触器的铁心中不会产生涡流和磁滞损耗，故不会发热。为了便于加工，铁心用整块电工软钢制成。为使线圈散热良好，通常将线圈绕制成长而薄的圆筒状，且不设线圈骨架，使线圈和铁心直接接触。

由于直流接触器的线圈中通以直流电，故没有较大的启动电流冲击，铁心和衔铁也不会因电源频率的变化而产生猛烈的撞击，因此直流接触器的寿命比交流接触器长，适用于可靠性要求高或要求频繁动作的场合。

直流接触器主触头流过的是直流电，故触头分断所产生的电弧是直流电弧。与交流电弧相比，直流电弧较难熄灭，因此直流接触器一般采用灭弧能力较强的磁吹灭弧装置灭弧。接触器的文字符号为 KM，图形符号如图 2-13 所示。

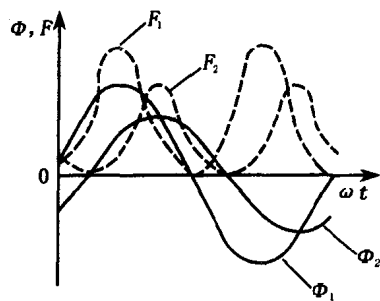


图 2-12 加短路环后的电磁吸力图

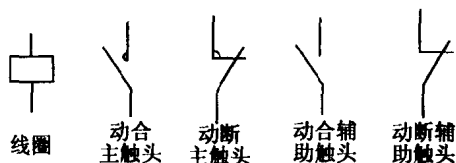


图 2-13 接触器的图形符号