

中等专业学校教学用书

工业企业电气設備

武汉钢铁学院
吉林冶金电气化专科学校 合編
鞍山冶金专科学校



中国工业出版社

中等专业学校教材



工业企业电气设备

武汉钢铁学院
吉林冶金电气化专科学校 合編
鞍山冶金专科学校

中国工业出版社

85122 2302
78051

本书系根据冶金工业部 1959 年制定的中等专业学校“工业企业电气化”专业指导性教育计划和“工业企业电气设备”课程教学大纲编写而成。

本书内容包括“控制电器”、“电力拖动自动控制”和“生产机械电气设备”三篇。书中介绍了各种常用控制电器的构造、性能、用途和选择方法，典型的继电—接触器控制线路，具有电机放大机、磁放大器和离子变流装置的自动控制系统的基本原理和线路，桥式起重机、高炉、电弧炉和各种轧机及其辅助机械的主要电气设备等内容，反映了这些方面的最新科学技术成就和我国的生产实际情况。

本书经冶金工业部教育司推荐作为中等冶金专业学校“工业企业电气化”专业的教学用书。对于高等学校冶金专业学习“冶金车间电气设备”课程的学生和冶金企业中工程技术人员与电气工长，本书也有一定的参考价值。

工业企业电气设备

武汉钢铁学院
冶金部冶金电气化专科学校 合编
冶金部冶金专科学校

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

开本787×1092¹/₁₆·印张18¹/₈·字数493,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001-2,233·定价（9—4）1.70元

统一书号：15165·493（冶金-120）

目 录

精 論.....	7
----------	---

第一篇 控制 电 器

第一章 电器的基本知識.....	10
§ 1—1 在开断过程中的触头.....	10
§ 1—2 在閉合过程中的触头.....	13
§ 1—3 处于稳定閉合状态的触头.....	14
§ 1—4 低压电器中常用的几种触头.....	15
§ 1—5 控制电器中的电磁机构.....	16
第二章 自动控制电器.....	20
一、接触器.....	20
§ 2—1 直流接触器.....	20
§ 2—2 交流接触器.....	23
二、继电器.....	24
§ 2—3 直流电磁式电流继电器.....	25
§ 2—4 直流电磁式电压继电器.....	28
§ 2—5 交流电磁式电流及电压继电器.....	28
§ 2—6 时间继电器概說.....	29
§ 2—7 JT2S系列和JS1系列电磁式时间继电器.....	30
§ 2—8 JT3S系列电磁式时间继电器.....	32
§ 2—9 空气阻尼式时间继电器.....	33
§ 2—10 热继电器.....	34
§ 2—11 继电器的选择.....	36
§ 2—12 在自动与远动装置中运用的小型弱电电器.....	39
三、主令电器.....	39
§ 2—13 按钮.....	39
§ 2—14 万能轉換开关.....	40
§ 2—15 主控器（主令控制器）.....	41
§ 2—16 行程开关与終端开关.....	42
第三章 制动电磁鉄.....	45
§ 3—1 制动电磁鉄的分类与构造.....	45
§ 3—2 制动电磁鉄的选择.....	48
第四章 电阻器与变阻器.....	52
§ 4—1 电阻材料.....	52
§ 4—2 电阻元件的构造.....	53
§ 4—3 电阻器的負載能力与选择.....	57

§ 4—4 变阻器.....	62
----------------	----

第二篇 电力拖动的自动控制

第五章 自动控制的基本知識.....	64
§ 5—1 概述.....	64
§ 5—2 控制线路的繪制規則与习用符号.....	65
§ 5—3 电动机的自动控制原理与线路.....	70
第六章 继电—接触式控制线路.....	77
§ 6—1 鼠籠式感应电动机的控制线路.....	77
§ 6—2 繞綫式感应电动机的控制线路.....	81
§ 6—3 直流电动机的控制.....	85
§ 6—4 电器的計算与选择示例.....	91
§ 6—5 Γ — Π 系統的控制.....	98
§ 6—6 同步电动机的控制.....	98
第七章 交磁放大机的自动控制与調整系統.....	104
一、交磁放大机及其控制线路的基本原理.....	104
§ 7—1 交磁放大机的作用原理.....	104
§ 7—2 电压負反饋.....	107
§ 7—3 电压截止.....	111
§ 7—4 轉速反饋.....	114
§ 7—5 軟反饋—穩定裝置.....	116
二、間歇运转的交磁放大机控制线路.....	117
§ 7—6 最佳过渡过程的概念.....	117
§ 7—7 电流截止—电压反饋的交磁放大机控制线路.....	120
§ 7—8 相互截止的交磁放大机控制线路.....	123
第八章 磁放大器与磁放大器的控制系統.....	127
§ 8—1 磁放大器的应用.....	127
§ 8—2 磁放大器的基本原理.....	127
§ 8—3 磁放大器的构造与鉄芯材料.....	130
§ 8—4 偏移的原理与作用.....	132
§ 8—5 磁放大器的反饋环节.....	133
§ 8—6 磁放大器式无触头继电器.....	135
§ 8—7 交流輸出双拍磁放大器.....	136
§ 8—8 直流輸出双拍磁放大器.....	139
§ 8—9 飽和电抗器調速的繞綫式感应电动机的控制系統.....	140
第九章 离子拖动的自动控制.....	144
§ 9—1 概說.....	144
§ 9—2 可控水銀整流器——电动机系統主要元件.....	145
§ 9—3 整流变压器与平衡电抗器.....	146

§ 9—4	点弧与激弧的控制	147
§ 9—5	水银整流器的逆弧及其防止与保护	148
§ 9—6	栅极控制系统	149
§ 9—7	可控整流器的工作状态与主电路	151
§ 9—8	具有速度自动调整的大容量VPB—II系统	157

第三篇 生产机械电气设备

第十章	起重机的电气设备	160
§ 10—1	桥式电动起重机和起重机用电动机	160
§ 10—2	起重机移行机构与提升机构的阻力计算	162
§ 10—3	起重机电力拖动的电流种类的选择	165
§ 10—4	起重机用电动机容量的选择	166
§ 10—5	起重机电力拖动的控制	174
§ 10—6	起重机的控制器与保护盘线路	175
§ 10—7	起重机的磁力控制盘线路	180
§ 10—8	起重电动机的启动调速电阻的选择	182
第十一章	炼铁车间的电气设备	185
§ 11—1	概述	185
§ 11—2	高炉车间的生产系统	185
§ 11—3	高炉装料系统各机械的布置和运转程序	188
§ 11—4	高炉装料过程的自动化	190
§ 11—5	装料系统工作程序的控制	192
§ 11—6	主卷扬机的电力拖动	201
§ 11—7	装焦机构的电力拖动	211
第十二章	炼钢车间的电气设备	214
§ 12—1	概述	214
§ 12—2	电弧炉的电气工作状态	218
§ 12—3	电弧炉的主要电气设备	221
§ 12—4	电弧炉的自动调整器	224
第十三章	轧钢机的电气设备	231
	一、轧钢机电力拖动的基本知识	231
§ 13—1	轧机的分类	231
§ 13—2	轧制简单原理	231
§ 13—3	轧制的能量消耗与轧制转矩的计算	234
§ 13—4	轧钢机的运转方式与拖动类型	237
	二、非可逆不调速轧机的电力拖动	242
§ 13—5	非可逆不调速轧机的同步机拖动	242
§ 13—6	带飞轮感应机拖动的负载图	245
§ 13—7	带飞轮感应机拖动的电动机容量和飞轮力矩的选择	248

§ 13—8	接触器式轉差率調整器.....	250
§ 13—9	液体轉差率調整器.....	253
	三、可逆軋机电力拖动的自动控制.....	255
§ 13—10	可逆軋机控制綫路概述.....	255
§ 13—11	发电机电压調整器.....	261
§ 13—12	电动机激磁調整器.....	265
§ 13—13	負載調整器.....	268
第十四章	軋鋼輔助机械的电气設備.....	274
§ 14—1	軋鋼輔助机械的电力拖动.....	274
§ 14—2	輔助机械电动机容量和过渡过程的計算.....	277
§ 14—3	軋道的电力拖动.....	280
§ 14—4	压下裝置的电力拖动.....	283
§ 14—5	飞剪的电力拖动.....	287

緒 論

1. 生产机械电气化及自动化在国民經济中的意义

生产机械是现代工业和农业的主要生产手段。生产机械由简单到复杂的发展，标志着社会生产力的发展和科学技术水平的提高。

冶金生产的发展与冶金机械的发展是分不开的。现代冶金机械极其复杂的；它的功率从几馬力到上万馬力，它的工作制有长期、短期和間歇三种。其中有些机械經常启动、制动、反轉，工作十分紧张，如每小时接电次数超过1000次的可逆电机等，对于它們，努力縮短每一秒甚至几分之一秒的运转时间，都会使生产率得到显著的提高。

直到上一世紀末，蒸汽和水力还是冶金和其他工业生产中的主要原动力。以后由于三相交流电能的生产、传输、分配和使用上的巨大优越性，使电力很快就取代了工业生产上其他类型的原动力，而在所有工业部門占据了首要地位。电气设备的种类和产量也逐年增加，这又有力地促进了电气化事业的发展。

工业企业的电气化給生产机械的自动化奠定了基础。这是因为：1. 电力拖动的启动、制动、反轉和調速既简单又迅速，很容易实现自动控制；2. 通过各种电气仪表易于准确地测量和记录各种电量和非电量，如电压、电流、功率、行程、速度、时间、温度、压力等。这样就易于对生产过程实行自动检查以及自动确定最合理的工作制度；3. 电气信号传送方便，易于实行远距离测量和控制，易于通过反馈联系实现自动調整，如对速度、炉温、风压等的自动調整；4. 在上述基础上，易于使在工艺过程中有关的一部分机械或全部机械的控制联系起来，按照规定的最有利的方案自动进行。这样就能从单独机构的自动化发展成为整个机组以至整个車間的綜合自动化，例如高炉装料系统的自动化、軋机压下裝置的自动化以及軋机綜合自动化和高炉綜合自动化等。

由于上述原因，随着电气化事业的发展，生产过程自动化的水平也不断提高。电力拖动的控制逐步由简单的断續控制发展到复杂精确的連續控制和自动調整；由单独电动机的控制发展到多电动机的联鎖控制；由个别运转过程的自动化发展到使整个系統的全部运转过程按給定方案进行的程序自动控制。另一方面，从使用的控制电器来看，則除了断續动作的继电接触控制外，出现了能够連續調整的电机控制、电子离子控制和磁放大器控制。最近，随着半导体元件制造水平的提高，半导体控制系統已成功地应用在冶金工业、机械制造工业和国防工业方面。由于它的小巧耐用，发展前途是无可限量的。

电气化和自动化在不同的社会制度下，产生了不同的作用。

在資本主义社会中，电气化和自动化使資本家能用更少的工人来获得更多的产品，其結果只是給資本家带来了更高額的利潤，相反地却給劳动人民带来了失业和貧困。

只有在社会主义社会中，由于生产是为了滿足劳动人民不断增长的物质和文化需要，电气化和自动化才能最大限度地發揮它在提高劳动生产率、改进产品质量、改善劳动条件、減輕体力劳动等方面的优越性，从而大大加快了社会主义經济建設的进程。

我国1949年解放时，鋼产量只有15.8万吨，鉄只有24万吨。旧中国遺留下来的只有十分落后的技术，冶金工业中机械化水平极低，大量笨重的劳动都依靠人力进行，当然更談不上电气化和自动化。

解放以后，经过三年恢复和第一个五年计划的建設，冶金工业有了迅速的发展。

1957年鋼产量达到535万吨，占世界第九位。1958年，在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，出现了全国大跃进的形势，我国冶金工业也开始了史无前例的連續特大跃进。全国人民意气风发，干劲十足，在党的两条腿走路的方針指导下，掀起了一个全民大办鋼鉄的高潮，使鋼产量在一年中翻了一番（包括土鋼）。1959年和1960年在总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗的鼓舞下，鋼鉄生产繼續大跃进，1960年产鋼1845万吨，跃居世界第六位。

随着鋼鉄工业的发展，电力拖动也有了很大的提高。1958年以后投入生产的1513立方米巨型高炉，拥有我国自己設計和制造的自动装料系統全套电气設備；在可逆軋机上采用了离子控制，它比电机控制具有投資少、損耗小、动作快等优点。最新的磁放大器控制系统也得到了較多的应用。

建国十一年以来，随着冶金电气化事业的发展，电气技术力量也有了很大的增长。解放以前我国沒有这方面的专门人材，第一个五年计划期間，从无到有地培养和鍛炼了大批技术干部，各級新型工业学校也开始輸送出新生的技术力量。1958年以后，我国就能自己設計、制造、安装和調整技术上比較复杂的成套冶金电力拖动裝置，使之投入生产。例如，在軋鋼方面，先后完成了軌梁軋机和大型軋机的电力拖动設計。在矿山拖动方面，設計了巨型卷揚机和自动化作业綫的电气設備，并开始研究和設計巨型电錘的电力拖动。

2. 課程結構

本課程包括控制电器、自动控制原理和生产机械电气設備三个部分；在“电力拖动基础”的基础上进行讲授。第一部分叙述冶金企业中最常用的各种控制电器的用途、結構和动作原理，至于它們的具体应用、选择和整定則留到控制原理以后或課程設計中去解决。第二部分分章叙述了继电接触控制、电机放大机控制、磁放大器控制和电子离子控制的典型綫路。除对继电接触控制系统进行了参数計算和电器选择外，对后三种控制則主要是定性地說明其工作原理。第三部分是在前两部分的基础上选择应用較多或具有典型意义的主要冶金机械的电力拖动进行讲述。具体分为起重机、高炉、煉鋼、軋机和輔助机械的电气設備諸章。其中擇要叙述了各种电力拖动裝置的特点，容量选择方法及控制綫路的工作原理。对于这些机械在电力拖动方面的新成就和发展方向，給予了应有的注意。

学习本課程应抓住主要类型、深入研究、触类旁通，以便通过典型設備的学习，掌握冶金企业电力拖动裝置的基本工作原理和实际运行方面的主要知識，并能进行簡單設計。

本課程是本专业的最后应用課，学习中必須注意培养实际技能和独立工作能力，必須注意理論联系实际，对研究实物、练习、实验、实习和設計等必須普遍給予应有的重視。

由于我国社会主义建設事业一日千里的发展，冶金电气化、自动化的面貌也日新月异，本书不可能全面反映出这方面与日俱增的最新成果。因此在学习本課程时，还应密切注意这方面的实际发展动态，以求把基本理論跟最新技术联系起来。

第一篇 控制电器

凡是用来自动或手动开闭电路，以达到控制、调整与保护目的之电气装置统称之为“控制电器”。

在现代化的冶金联合企业的选矿、炼铁、炼钢与轧钢等车间之主电室与电磁站中，通常安装有很多电磁控制盘，每块盘上又装有許多不同种类、不同性能的电器。例如 $\phi 750$ 初轧机的控制盘就有七八十块之多，而每块盘上又有数十个电器。其需用量的庞大就可想而知了。正由于这些电器可靠的工作，才保证了高生产率的大规模生产，保证了产品的质量，也保证了设备与人身的安全。

根据苏联与其它工业发达国家的统计，控制电器与电机在数量上之比例约为4:1。

此外在农业方面的小型水电站、水泵站、电动拖拉机及其它农业机械中；在交通运输业的电气机车、汽车、飞机与轮船中；以及在人民日常生活中均应用着大量的电器。显然电器的制造及其技术的发展对于促进整个国民经济的发展，特别是电气化的发展起着重大的作用。

现代电器的发展方向是：采用新材料、新结构和新工艺，以提高电器的机械与电气寿命；增加每小时的允许接电次数；缩小体积，减轻重量，节省有色金属和简化生产过程。最近几年来，在国内和国外在上述各方面均取得了辉煌成就。例如上海电器科学研究所设计与试制成功的RTO型有填料封闭管式熔断器，由于采用了滑石陶瓷做熔断管，因而增加了机械强度，保证了几何尺寸的准确。由于采用点焊的新工艺来联接熔断丝与触刀，减少了接触电阻，与同容量的无填料式熔断器相较，其断流能力大为增加。以RTO-100为例：断流能力由一万安培提高到五万安培；机械寿命由500次提高到3000次以上；体积由670立方厘米缩小到446立方厘米；重量由0.71公斤减到0.53公斤。其它如新设计的CJ系列交流接触器，JRO系列热继电器及新型自动开关等，其技术经济指标均已达到世界先进水平。这些成就说明了我国的电器制造工业已走上独立发展的道路，并跃入世界先进行列。

电器种类繁多，构造各异。本篇仅研究用于电力拖动，控制中的低压控制电器。

电力拖动的控制与调整的方式可以是用人力来完成的，也可以是利用电器自动完成。因此按照在控制与调整过程中使用人力的程度，可以分为手动控制与自动控制。

整个控制过程均由人来完成的称为手动控制。如采用鼓形控制器来控制电动机的启动、制动与调速。

仅有接入与停止的脉冲由人发出，或者整个过程完全自动进行者均属于自动控制。前者如仅启动停车用按钮操作的控制线路。后者如利用浮筒继电器控制的自动化水泵站。

凡用于手动控制的电器称为手动控制用电器。而用于自动控制的则称为自动控制用电器。

所有控制电器可以简单分类如下：

a) 刀型开关与转换开关；

- b) 控制器——鼓形与凸轮控制器；
- c) 主令电器——如按钮、主控器与行程开关等；
- d) 直流、交流接触器；
- e) 控制与保护继电器；
- f) 直流、交流制动电磁铁；
- g) 电阻器与变阻器。

本篇仅讨论一些常用电器，其中有些构造十分简单则不予讨论。

由于控制电器是一门很实际的科学，学习中必须认真联系实际。细致观察电器构造（必要时画出构造草图），以便结合理论具体分析，进行实验，参加专业劳动，亲自动手操作等都是理论联系实际，巩固与加深知识的有效手段，必须认真对待。

电器的技术数据是选择电器的根据，因此需要熟悉产品目录与手册，在理解熟悉的基础上记忆一些主要项目，以便选用。

只有贯彻上述要求，才能较好地掌握控制电器的原理、构造、类型、规格、工作特点、应用范围与使用条件等有关知识，具备正确选择与维护电器的能力。

第一章 电器的基本知識

触头是开关电器最重要的部件之一，它用来接通或断开电路，其工作的好坏直接影响到电器的寿命与可靠性，如果触头的结构、安装与维护不好，不仅本身要损坏，而且往往会使所控制的设备发生事故，贻误生产。

触头有三种工作状态：

- a) 闭合状态；这时接通了电路，有电流流过。触头要发热。
- b) 开断过程；这时要开断电路，因此有电弧或者火花产生。
- c) 闭合过程；触头由开到闭合电路的过程，动触头与定触头之间要产生撞击。

为此，对于触头来说应该满足下列要求：

- a) 接触良好，易于导电，即电阻与电压降应尽可能小；
- b) 流过额定电流时不许超过允许温升；
- c) 能够可靠地开断电弧电流；而且不容易为电弧烧蚀；
- d) 机械强度大，不容易磨损。

除触头外，电磁机构也是自动控制电器所不可缺少的部件，为此，在本章中我们着重介绍有关触头及电磁机构的基本知识。

§1—1 在开断过程中的触头

当触头带负载开断电路时，如果电路电压大于10~12伏，电流大于80~100毫安，在触头间便要产生极为有害的电弧。它一方面要烧蚀触头，减低寿命，并降低电器工作的可靠性，另一方面还延长了电路切断的时间。为此使电弧迅速的熄灭有极其重要的意义。

A. 电弧的形成与熄灭

根据工业电子学可知，在电器形成电弧的电离过程主要方式是：

- a) 撞击游离：当运动着的电子具有足够大的动能，而与中性质点碰撞时，可将中性质点中的电子打出，形成电子与离子；
- b) 高电场放射：阴极的电子，在高电场作用之下，被拉出阴极表面向阳极跑出；
- c) 热放射；
- d) 气体的热游离。

在电离作用的同时，也发生“消电离作用”。

消电离作用主要是自由电子重新与正离子“复合”以及使离子扩散到周围介质中去。

所谓“复合”系指二种各带正负电荷的质点，再结合成为中性质点的过程。例如当电弧接触到固体介质（如熄弧罩）时，活动的自由电子使介质表面带电，吸引正离子而再行结合。当电弧靠近不带电之金属时亦有类似情况。

至于“扩散”系指带电的质点从离子密度很大的弧光区域移至离子密度小的空间去的过程。扩散到周围介质的离子再行结合，故也起消电离的作用。如果消电离的作用大于电离作用，则电弧熄灭。

B. 电弧的一般熄弧方法

由于熄弧的条件是消电离作用要大于电离作用，因此一切熄弧方法不外乎是如何增强消电离作用和减少电离作用。

常用的熄弧方法有以下几种：

(1) 迅速增大电弧长度：使弧隙中之电位梯度减小，电子离子动能迅速减小，冲击游离作用减小。此外与周围介质接触的面积增加，从而增加了离子的扩散和电弧的冷却，即加大了消离子作用。

拉长电弧具体的措施有：

- a) 用机械方法把电弧拉长，即使触头急速离开一段距离以拉长电弧。
- b) 磁吹拉长法：用永久磁铁或电磁线圈在触头间产生一与电流方向垂直并使电弧向上移动的磁场，如图1-1所示。
- c) 电动力拉长法：图1-2及图1-3中所示是用电动力拉长电弧的二个实例。两方向相反电流相互排斥的电动力迫使电弧拉长。新式刀开关就采用这种熄弧方法。
- d) 气吹法：如图1-4所示，常用于空气断路器中。

(2) 使电弧与流动介质接触：可以带走电弧的热量，减少热放射与热电离。

(3) 使电弧与固体介质接触：如电弧与耐热绝缘介质（如石棉水泥、陶瓷、塑料及石英砂）接触，一方面可以传散一部分热量，减少热电离。另一方面在介质表面还能进行复合，增加了消电离作用。如果电弧与有机玻璃相接触，有机玻璃还发出大量气体，使周围压力增高，电子离子的自由行程减小；由于动能的减小，撞击游离便减小。

前者如接触器的熄弧罩，后者如熔断器的管壁。

(4) 将电弧分成数段短弧：如图1-5所示，在垂直于弧柱的上方加入金属薄片。

除了能将电弧吸往上行外，还能把弧分成数段串联的短弧，由于消耗在阴极附近的压降增加的倍数，与栅片数相等，当栅片数目很多时，阴极压降总和可能大于外加电压，使电弧熄灭。根据这种原理的具体方法很多，采用双断点的桥式触头便是又一个例子。

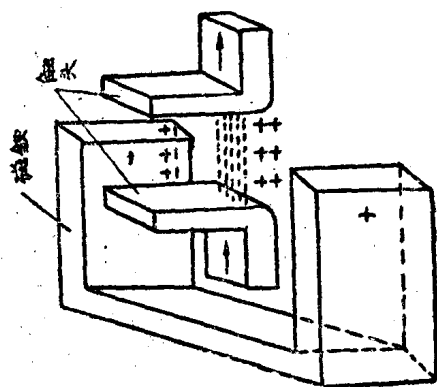


图 1-1 利用磁吹拉长电弧

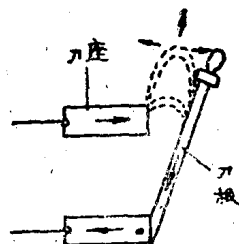


图 1-2 利用电力拉长电弧

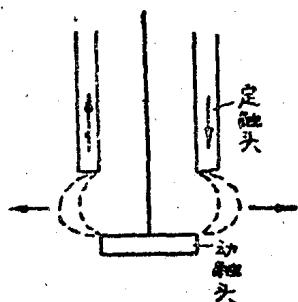


图 1-3 利用电力拉长电弧

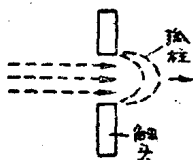


图 1-4 利用气吹拉长电弧

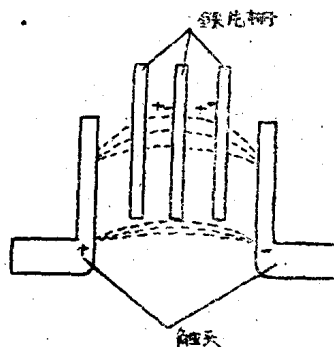


图 1-5 分长弧为短弧

上述方法中，常常是一种方法兼有数种作用。一般电器多半采用由几种熄弧方法组成的熄弧装置以达到迅速熄灭电弧的目的。

C. 低压控制电器中常用的熄弧装置

低压电器常用的熄弧装置有磁吹式与熄弧栅式两种。

磁吹式熄弧装置如图1-6所示，它由吹弧线圈3，熄弧罩5，熄弧角6及磁路4所组成。吹弧线圈串联于主电路，产生所需的磁场，将电弧吹入熄弧罩中，后者可以传散一部分热量和增加复合作用，还可以隔断电弧。一般用石棉水泥压成，新式的采用价廉的陶土烧成。至于熄弧角，则用来保护吹弧线圈，以免电弧烧坏，同时还能使电弧移到角上燃烧，拉长电弧，并减少触头的灼损。

熄弧栅式熄弧装置如图1-7所示，它由动定触头1及2，铁片熄弧栅3和熄弧罩4组成。当电弧形成后，在电弧本身的电力及铁质熄弧栅吸力作用下，穿入栅片，割成数段串联的短弧。

它在交流中所起的效果要比直流为大，在直流电路时每段短弧的阴极压降仅为10~20伏左右。而用在交流中，由于“近极效应”的缘故，在每个阴极附近形成一耐压高达150~250伏的绝缘层。因此电弧能很快熄灭。所谓“近极效应”是在电弧电流经过零点之际，阴极因热惯性继续发射出速度很低的电子，它将与阴极附近的正离子相结合，而形成中性层。由于这种装置构造简单、便宜、效果又好，为一般交流接触器所采用。但是散热受限制，不宜用于频繁操作的电器中。

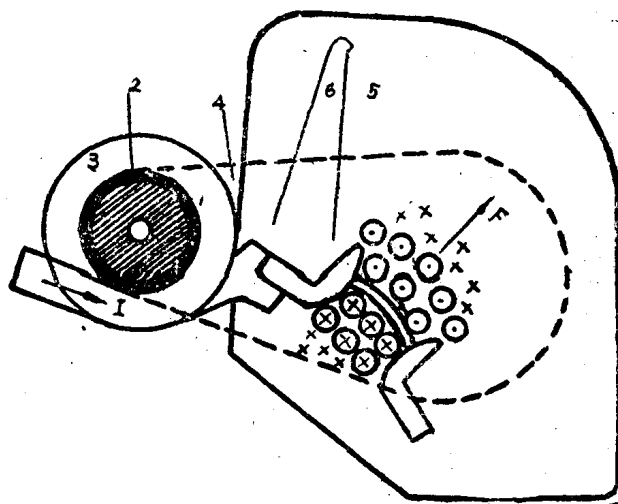


图 1—6 磁吹式熄弧装置

⊗⊗——代表电弧本身产生的磁通 +——代表吹弧线圈产生的磁通

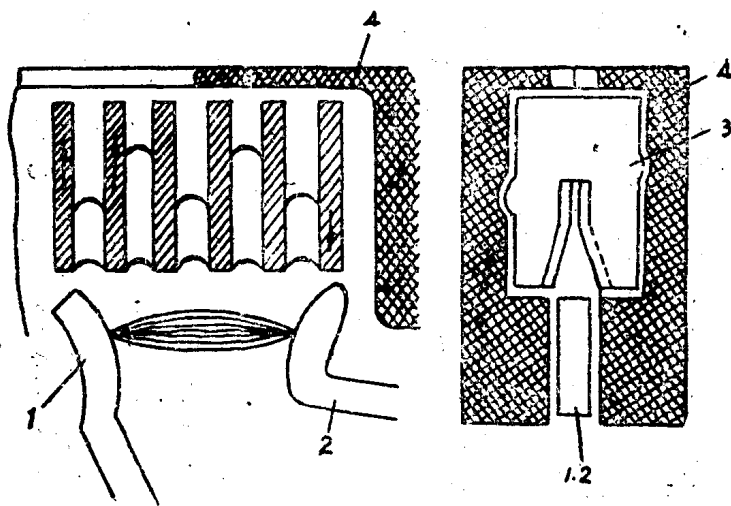


图 1—7 电弧栅式熄弧装置

§1—2 在闭合过程中的触头

图1—8绘出了触头的闭合过程。动触头2以 v_1 的速度向定触头移动，当接触到定触头后，由于撞击，动触头在反作用力 P 作用之下以 v_2 的速度而被迫弹回，如图1—8c所示。弹回到一定距离后，在触头支架3和弹簧4作用下，动触头又以 v_3 的速度向闭合方向运动。如此反复多次，直到最后电路便稳定接通。触头在闭合过程中产生的振动现象是十分有害的，由于振动的结果，使得触头时开时闭，因之形成了一连串的短电弧，结果使触头熔化，形成金属蒸汽，造成触头蚀损，缩短了触头使用寿命。甚至还会产生

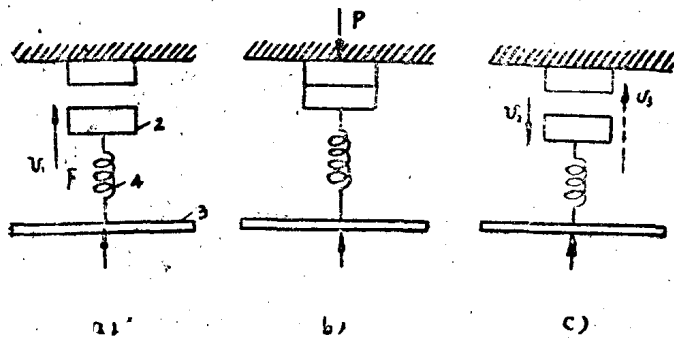


图 1-8 触头的闭合过程

“熔焊现象”，即动定触头溶凝在一起而不能开断。为了减轻触头的振动现象，应该加强触头弹簧的初压力（触头弹簧预先具有的弹力）。从图1—8可以看出，当反作用力 P 小于弹簧的初压力时，动触头便不再弹回。

§1—3 处于稳定闭合状态的触头

触头的结构类型很多，按接触的形式有：

a) 点接触：如图1—9a所示，它由二个半球形的触头组成，有时由一个半球形触头和一个平面形触头组成。其触头接触区域是一个点，允许电流密度一定时，通过的电流较小，因此只用在小电流处，如继电器的触头。

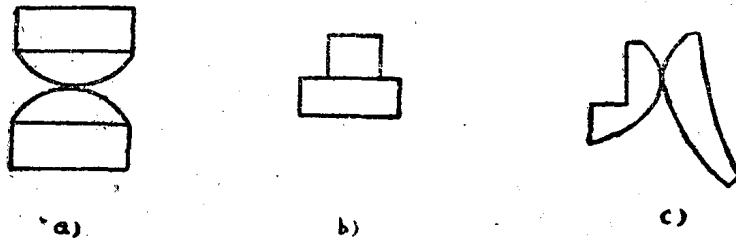


图 1-9 触头的接触形式

b) 面接触：如图1—9b所示，其接触区域是一个平面。常见于大电流的触头中。

c) 线接触：如图1—9c所示，其接触区域为一直线，此外其触头在闭合过程中产生的是滚动接触，从图1—10a中可以看出，当最初接触处是触头的顶部（图1—10a），随即在触头中部相接触（图1—10b），最后滚到触头的根部相接触（图1—10c）它是触头长期导电的部位，当触头开断时，触头先从根部经过中部最后从顶部离开。正因为触头的闭合与断开均在顶部，使得正常工作部分——根部不致被电弧烧蚀，而有良好接触，易于导电。同时在滚动的过程中，略带滑动，所以还能磨去导电性不好的氧化膜，有利于触头的工作。这种滚动线接触常用于中等容量的触头，如接触器的主触头。



图 1-10 线接触触头闭合过程

无论哪一种接触形式，在实际的接触过程中，两个触头间必存在一个过渡区域，在该区域里，由于真正的导电截面减小，如图1—10所示，所以它的电阻比同样尺寸的整体来得大些。由此而增加的电阻称为接触电阻或叫过渡电阻。

从图 1—11 中可以看出,触头接触时并不是全部面积,而仅有少数的点接触。显然接触电阻的大小与触头表面光滑的程度,触头的材料、形状和压力等有关。

当触头表面愈光滑时,接触点愈多,接触电阻减小,但无论怎样精细的触头,表面仍然是凸凹不平的,因此接触电阻的减小是有限度的。如果对触头施以压力时,由于接触表面的凸出部被压扁,接触点会因此而增加,接触电阻会减小。此外触头的形状对接触电阻值也有很大影响,就线接触而論,虽然接触面积比面接触为小,但是在同一压力作用下,由于单位接触面上的压力较大,因而接触电

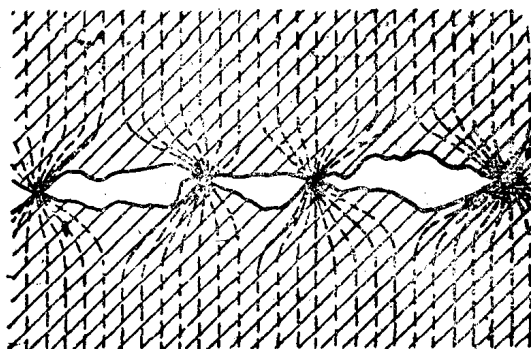


图 1—11 触头接触的实况放大图

阻减小。同样,点接触的触头在总压力不大时,可以具有较大的压强,得以减小接触电阻。因此在压力极小的继电器触头多半为点接触,而面接触则多半用在压力很大,开断次数较少之处。开断次数多的控制电器多半采用线接触。

此外触头材料对接触电阻的大小也有影响,当材料比较软时,容易压扁,接触电阻减小。反之则增加。当触头材料容易氧化时,在接触表面形成一层氧化膜,由于大多数金属的氧化膜均不易导电,因而增加了接触电阻。当然周围的温度和湿度对于氧化的程度起着重要作用。

§1—4 低压电器中常用的几种触头

在触头断开与闭合过程中,由于放电和热作用而形成的蚀损统称之为“电磨损”。由于机械撞击与接触过程中的滑动所产生的蚀损称之为“机械磨损”。这两种磨损均随接电次数的增加而增加,因此在选用触头材料时,不但要有良好的导电性能;而且还要具有足够的抗电磨损与机械磨损的能力。后者对于工作紧张的冶金工厂用电器尤为重要,它是衡量电器质量重要指标之一。常用的触头材料为铜及铜合金,其导电与耐热性能较好,既易于加工,又很便宜,主要用作接触器及自动开关的触头。它的缺点是易于氧化,氧化后接触电阻显著增加,因此对于长期工作的触头可以采用接触电阻小的镶银触头,但是它的抗电磨损性能差,接电次数不能过大。为此近年来开始采用硬度与熔点均高的陶冶金触头。

在低压电器中,具体应用的有以下几种结构的触头:

a) 单断点小触头:如图 1—12 a 所示,它具有点接触与单断点的触头,这种触头适用于触头互压力较小、电流小的地方。一般为微型或较精密的继电器中采用。

b) 桥式触头:如图 1—12 b 所示,它具有二个点接触的触头,串于一条电路中,电路开断是由这两个触头共同完成(故又称为双断关式触头),因此断流能力较上述单断点式者为大。适用于电流较大及触头互压力不大的地方,如接触器的辅助触头。

c) 滑动接触式触头:如图 1—12 c 所示,当触头开闭时具有相对滑动,可以是线接触或者是面接触,虽然这样可以通过较大的电流,但是由于触头间有滑动摩擦,磨损

較大，不能采用較大的触头互压力，在接触电阻的限制下，允許电流不能增加很多。加上电弧的烧損，使得触头間的接触不好，也限制了电流的增大。为此，这类触头多半用在接电次数不多，电流較大之处。如鼓形控制器触头。

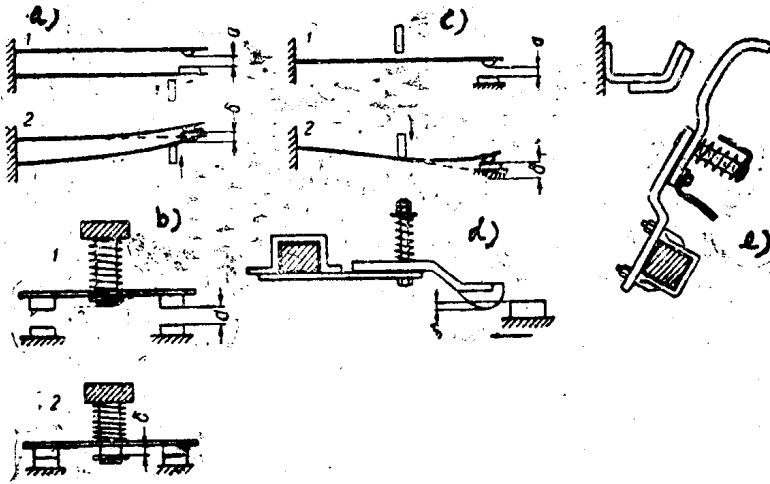


图 1-12 常用触头結構型式

d) 对接式指形触头：如图 1-12 d 所示，与滑接式不同之处在于其接触过程是滚动的，因此保证了正常接触处有光滑的表面，加上触头互压力可以增大些（因为阻力与磨损较小）。因此允许电流大为增加。触头的寿命也因机械磨损减小而大为增加。所以这种触头多半用在接电次数多，电流大的地方。如接触器、凸轮控制器的主触头。

§1-5 控制电器中的电磁机构

电磁机构为电磁式电器（如接触器、继电器、制动电磁铁等）不可缺少的组成部分；它将电磁能转换为机械能，从而带动电器的触头。

A. 电磁机构的构造

电磁机构一般由磁路（铁芯）和吸引线圈组成。

在控制电器中，常用的磁路结构示于图 1-13 中。它分成以下三种：

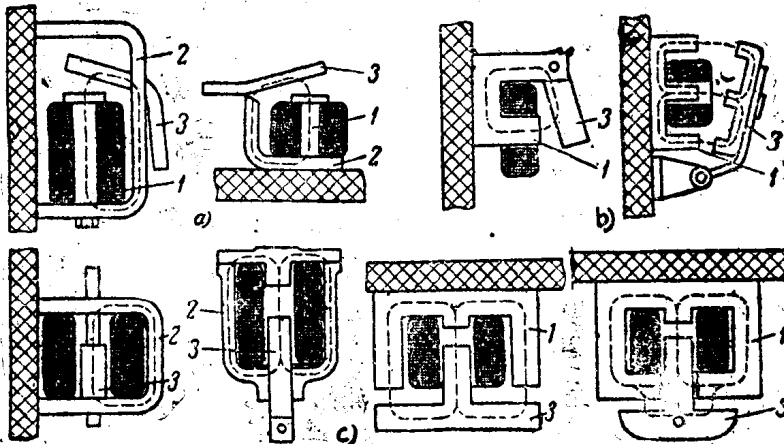


图 1-13 常用磁路的型式

1—铁芯；2—铁轭；3—衔铁