

厂矿电气设备及 过程参数检测技术

唐 继 韩俊德 编著

煤炭工业出版社

厂矿电气设备及过程参数检测技术

唐 继 韩俊德 编著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书分为两大部分。第一部分主要介绍厂矿通用电气控制设备的工作原理、选用计算、典型控制线路及设备运行故障分析等内容。第二部分主要介绍厂矿生产过程中各种检测参数(如位移、温度、压力、流量、速度、扭矩、物位、密度、水分、灰分)的检测原理,对一些新型的传感器(如智能传感器、光纤传感器、气敏传感器、核辐射传感器、离子传感器)作了特别介绍。同时对常用检测仪表的原理与特性、检测系统中信号变换技术、微机接口技术也作了详细介绍。

本书内容新颖、实用,既可作为高等院校工业自动化、自动检测及机电一体化等专业本科生的教材,也可供有关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

厂矿电气设备及过程参数检测技术/唐继编著. —北京:
煤炭工业出版社, 1997
ISBN 7-5020-1517-5

I. 厂… II. 唐… III. 厂矿企业-电气设备-生产过程-
参数测试 N. TM934

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 18000 号

厂矿电气设备及过程参数检测技术

唐 继 韩俊德 编著

责任编辑: 向云霞

*

煤炭工业出版社 出版

(北京朝阳区霞光里 8 号 100016)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787×1092mm^{1/16} 印张 16

字数 376 千字 印数 1—1, 055

1998 年 4 月第 1 版 1998 年 4 月第 1 次印刷

书号 4286 定价 26.00 元



版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

随着科学技术的迅速发展和工业自动化程度的不断提高,厂矿对生产过程参数的检测技术的要求愈来愈迫切,以微型计算机为核心组成的自动检测系统在实现生产过程自动化及最优化控制方面所起的作用也愈来愈受到重视。

采用微型计算机自动检测系统实现生产过程自动化,将要求工程技术人员既要熟悉生产工艺流程,掌握微型计算机和检测技术方面的有关基本理论,又要具备有关自动化设备及其控制方面的知识。

为此,作者总结长期从事教学和科研工作的实践经验,并在参阅国内外大量文献资料的基础上撰写了此书。

本书内容新颖、丰富、实用,具有一定的深度和广度。全书共六章,分为两部分。

第一部分重点阐述了厂矿电气控制设备的工作原理、选用计算、典型控制线路、运行故障分析及排除方法等内容。

第二部分以工程应用为出发点,以微机检测系统为主线,结合一些基本参数的测量,全面而系统地阐述了各种传感器在生产过程参数检测中的检测原理及应用,特别注重对新型传感器,如智能传感器、光纤传感器、气敏传感器,离子传感器、核辐射等传感器的介绍,反映了目前传感技术的新发展与新成就。同时,还对常用检测仪表的原理和特性,检测系统中信号变换技术,以及微型计算机接口技术等方面内容作了详细的介绍。另外,书中还列举了几个微型计算机在检测技术中的应用实例,有助于读者对全书内容的理解。

在编写过程中,作者注意选材的先进性和实用性,注重基本理论和基本方法的阐述,力求内容丰富、概念清楚、结构严谨、系统性强;同时结合目前我国工业生产及科学技术的实际情况,尽量反映近年来国内外在本领域的新技术和新方法。

本书第一、二、三章由韩俊德撰写,第四、五、六章由唐继撰写。全书由唐继负责统校。

由于作者学识水平有限,疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

1997. 10. 9

目 录

第一章 低压控制电器	1
第一节 主令电器	1
第二节 接触器	4
第三节 继电器	8
第二章 继电器—接触器控制	16
第一节 概述	16
第二节 三相鼠笼式异步电动机的全压起动控制	19
第三节 三相鼠笼式异步电动机的降压起动控制	23
第四节 三相绕线式异步电动机的起动控制	34
第五节 继电器—接触器集中控制	42
第六节 三相异步电动机常见故障及处理方法	49
第三章 控制电机	52
第一节 伺服电动机	52
第二节 自整角机	60
第三节 旋转变压器	64
第四节 步进电动机	69
第五节 测速发电机	76
第四章 电动机的选择	80
第一节 概述	80
第二节 电动机的发热与冷却	81
第三节 电动机的工作制	86
第四节 连续工作制电动机额定功率的选择	87
第五节 短时工作制电动机额定功率的选择	95
第六节 周期性断续工作制电动机额定功率的选择	102
第七节 电动机种类、电压、转速和结构类型的选择	106
第五章 过程参数检测技术	108
第一节 位移测量	108
第二节 温度测量	116
第三节 压力测量	129
第四节 流量测量	141
第五节 速度测量	148
第六节 扭矩测量	154
第七节 物位测量	156
第八节 密度测量	163
第九节 物料中水分测量	167
第十节 煤炭灰分测量	169
第十一节 气敏传感器	172

第十二节	离子感烟传感器	175
第十三节	智能传感器	177
第六章	微机在检测技术中的应用	182
第一节	微机检测系统的组成	182
第二节	输入/输出通道	182
第三节	信号变换电路	186
第四节	采样/保持电路	212
第五节	多路转换开关电路	214
第六节	微机与 D/A 和 A/D 转换器的接口	217
第七节	微机在测量控制系统中的应用	227

第一章 低压控制电器

低压控制电器是电力拖动及自动控制系统中的基本组成元件。控制电器根据外界特定的信号和要求，自动或手动接通和断开电路，实现对电动机运行的控制，检测，调节和保护。

按低压控制电器的动作方式可分为：

(1) 自动控制电器。自动控制电器是依靠电器本身参数变化或外来信号（如电、磁、光、热等）而自动完成接通、分断或使电机起动、反转以及停止等动作的电器，如接触器，继电器等。

(2) 手控电器。手动控制器是依靠人工直接操作来进行电路切换等动作的电器，如按钮、刀开关等。

第一节 主 令 电 器

主令电器主要用来切换控制电路，用以控制电力拖动系统的工作状态。主令电器是自动控制系统中一种专门用于发布命令的电器，其主要类型有：控制按钮、行程开关和接近开关等。

一、控制按钮

控制按钮是一种结构简单、应用十分广泛的主令电器，可在低压网络中远距离手动控制各种电磁开关，也可用来转换各种信号线路或电气联锁线路。它的触头允许通过电流很小，一般不超过 5A。

图 1—1 是按钮的结构示意图。按钮未按下时，在复位弹簧 7 作用下，静触头 1、2 通过桥式动触头 5 而闭合，习惯上把静触头 1、2 称为常闭（动断）触头；静触头 3、4 与桥式动触头 5 分断，称之为常开（动合）触头。当按下按钮帽 6 时，动触头先和静触头 1、2 分断，然后再和静触头 3、4 闭合。

根据用途不同，可将单个按钮组合成双联按钮或三联按钮，用于电动机的“起动”和“停止”以及“正、反、停”的控制。为了便于识别各个按钮的作用，避免误操作，通常在按钮上作出不同的标志或涂以不同的颜色。按钮的颜色有红、绿、黑、黄以及白、蓝等，供不同场合选用。

全国统一设计的按钮新型号为 LA25 系列，其它常用的按钮有 LA18、LA19、LA20 系列。引进生产的有德国 BBC 公司的 LAZ 系列。

LA25 系列按钮是组合式结构，并采用插接式结构连接方式，接触系统采用独立的接触单元，用户可根据需要任意组合常开、常闭触点的对数，最多可组合成 6 个单元为一体的按钮。

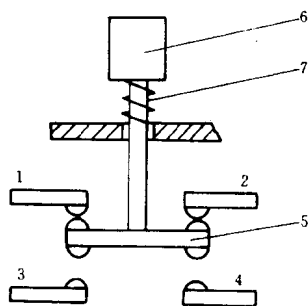


图 1—1 LA19 系列控制按钮结构示意图
1、2、3、4—静触头；5—动触头；
6—按钮帽；7—弹簧

上述系列控制按钮适用于交流电压 500V，直流电压 440V，额定电流 5A 的控制电路中。

二、行程开关

行程开关又称限位开关，它是根据生产机械的行程位置而动作的小电流开关电器。行程开关能将机械位移变为电信号，从而实现对机械运动的电气控制。

行程开关的工作原理与控制按钮很相似，不同之处是行程开关是通过机械运动部件上的撞块来实现开关的操作的。

常用的行程开关有以下几种类型。

1. LX19 系列行程开关

此系列行程开关是以 LX19K 型元件为基础，增设不同的滚轮和传动杆，即得各种不同的产品。图 1—2 是 LX19K 型行程开关结构图。其工作原理如下：当外界机械碰压按钮顶杆 1 时，顶杆向下运动压迫弹簧 4，改变弹簧力的方向，由原来向下的力改变为向上的力，从而使触桥上跳，与常闭静触头 7 分开，而与常开静触头 5 接触。当外界机械作用消失后，在复位弹簧 8 的作用下，使触桥重新恢复原来的位置。

LX19—111、121、131 型是装设单轮的行程开关；LX19—212、222、232 型是装设双轮的行程开关；LX19—001 型是装设传动杆的行程开关。

2. JW 系列微动开关

习惯上把尺寸甚小的行程开关称为微动开关，图 1—3 为 JW 系列基本型微动开关结构示意图。

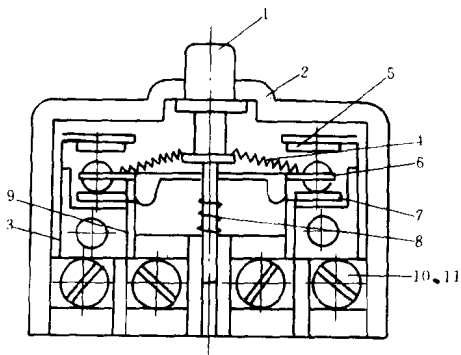


图 1—2 LX19K 型行程开关结构图

- 1—按钮；2—外壳；3—常开静触头；4—触头弹簧；
5—触头；6—接桥；7—触头；8—复位弹簧；
9—常闭静触头；10、11—螺钉和压板

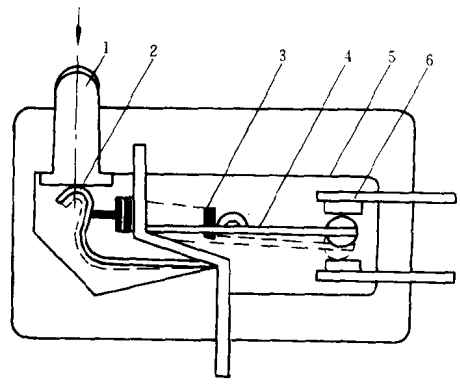


图 1—3 JW 系列基本型微动开关结构示意图

- 1—操作钮；2—拉钩；3—弹簧；4—动触头；
5—外壳；6—静触头

当外界机械作用于开关的操作钮时，操作钮向下运动，通过拉钩将弹簧拉伸，当弹簧被拉伸到一定长度，动触头就瞬时地离开常闭静触头，转而同常开静触头接触。当外界机械作用除去后，在弹簧恢复力的作用下，触头又瞬时地进行换接，恢复到原来的状态。

微动开关采用瞬时动作机构，可以使开关触头的换接速度不受操作钮下移速度的影响。这样不仅可以减轻电弧对触头的烧蚀，而且还提高了触头动作的准确性。

微动开关的体积小、动作灵敏、适于小型机构。但由于操作钮允许压下的极限行程很

小，以及开关的结构强度不高，因此在使用时必须注意，以免压坏开关。

在基本型结构的基础上，加装一些滚轮和压片，就能派生出其它结构形式的产品，以适应不同的需要：如带轮，行程不扩大的 JWL_1-11 型；带轮、行程扩大的 JWL_2-11 型以及带轮，行程扩大，两件组合的 JWL_2-22 型微动开关等。

3. JLXK₁ 系列行程开关

JLXK₁ 系列行程开关采用能瞬时动作的滚轮旋转式结构，如图 1—4 所示。当滚轮 1 受到向左的外力作用时，上转臂 2 向左下方转动，推杆 4 向右转动并压缩右边弹簧 10，同时下面的小滚轮 5 也很快沿着擒纵件 6 向右转动，小滚轮的滚动又压缩弹簧 9。当滚轮 5 走过擒纵件 6 的中点时，盘形弹簧 3 和弹簧 9 都使擒纵件 6 迅速转动，从而使动触头迅速地与右边的静触头分开而与左边的静触头闭合。当滚轮 1 上的外力去掉后，复位弹簧迅速使行程开关各部分恢复原始位置。

由于开关采用能瞬时动作的滚轮旋转式机构，所以开关的动作速度与操作速度无关，这是老式开关所不及的。这类开关适用于低速运动的机械。

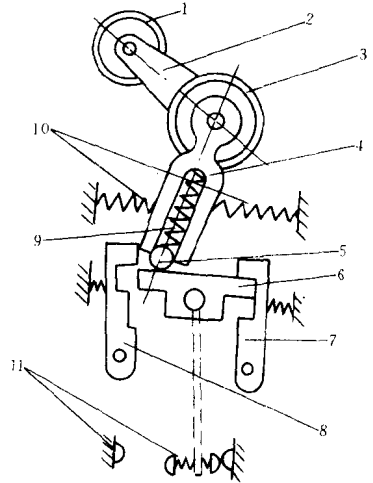


图 1—4 滚轮旋转式行程开关

三、接近开关

接近开关是一种非接触型的物体检测装置，是无触点的行程开关。接近开关广泛用于对运动机械的行程监测、控制和限位，特别适用于要求高精度定位的场合。

按作用原理来分，接近开关有高频振荡型、电容型、感应电桥型、永久磁铁型、霍尔效应型等多种类型，其中以高频振荡型最为常用。图 1—5 是一种常用高频振荡型接近开关的电路图。电路由正弦波振荡器、一级反相器和一级射极输出器组成。

振荡器采用的是变压器反馈电感电容振荡器，实用中把振荡器的电感线圈和铁芯作在一起，叫作感应头，其结构如图 1—6 所示。

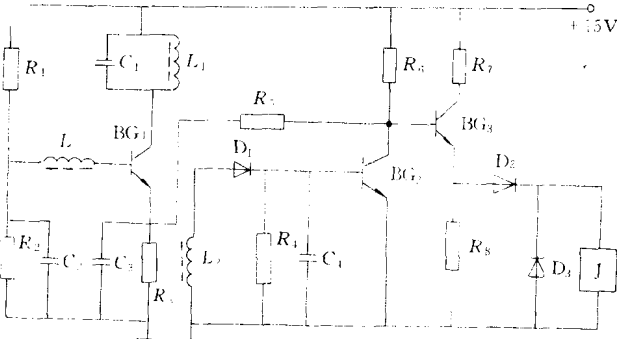


图 1—5 接近开关

感应头的主要作用是传感信号，它的铁芯用铁氧体磁芯作成；线圈由振荡线圈 L_1 、输出线圈 L_2 和反馈线圈 L_3 三部分组成。三个线圈同绕在铁芯上，最外层是反馈线圈 L_3 ，这样便于改变匝数即改变反馈量。振荡线圈 L_1 和电容 C_1 组成振荡回路产生高频振荡， L_1 、 C_1 的参数选择使振荡器能产生 150kHz 左右的振荡频率 f_0 ($[f_0]$)。为满足相位平衡、幅值平衡的要求而设置了正反馈线圈 L_3 ，以补充振荡器的能

量消耗。输出线圈 L_2 产生输出信号，控制执行元件（继电器 J）的工作状态。

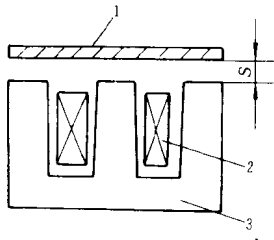


图 1-6 感应头结构示意图

1—铁片；2—线圈；3—铁芯

接近开关的工作原理是：把开关的感应头安装在需要产生位置信号的地方，起动开关的金属片安装在移动机械上。

当金属片远离感应头时，开关电路只要接通 +15V 电源，振荡器就起振，振荡频率维持在 150kHz 左右，这时输出线圈 L_2 就会感应出高频电压，经 D_1 整流， C_4 、 R_4 滤波后加到 BG_2 的基极，使 BG_2 导通， BG_3 截止，继电器 J 不动作，相当于开关分断状态。

当起动开关的金属片移动到感应头上（距离 $L \leq 10\text{mm}$ ）金属片进入高频磁场时，在金属片内感应产生涡流，能量损耗增加， L_3 反馈量相应减少，以致振荡逐渐减弱，直至停振。此时，输出线圈 L_2 上无高频电压，于是 BG_2 截止， BG_3 导通，射极输出器 BG_3 的发射极出现高电位，则继电器 J 的电磁线圈得电动作，相当于开关闭合状态。

电路中各个元件的作用是： R_1 、 R_2 、 R_3 是稳定 BG_1 静态工作点的偏流电阻； C_2 、 C_3 是减少交流损耗的旁路电容； R_5 是加快开关动作速度的反馈电阻； R_7 是限流电阻； R_8 用来提高输出电压； D_3 是继电器 J 的续流二极管。

接近开关工作可靠，灵敏度高，频率响应快，使用寿命长，并能应用于工作条件比较恶劣的环境，所以在自动控制系统中已得到广泛应用。

第二节 接 触 器

接触器是利用电磁吸力来动作的开关，是可用来频繁地接通或断开主电路的控制电器。由于它具有欠电压释放保护、能进行远距离控制、工作可靠、动作迅速、寿命长等特点，所以被广泛应用于电力拖动控制系统中。接触器的主要控制对象是电动机，也可用于控制其它电力负载，如电焊机，电热器，电容器等。

接触器主要结构由以下几部分组成：

(1) 电磁系统。电磁系统包括磁路和磁力线圈。磁路结构因衔铁与铁芯形状不同可分为 U 型，E 型与螺管型；按衔铁运动方式分为直动式与拍合式两种。吸力线圈一般采用电压线圈，当电压过低时能实现低电压释放保护。

(2) 触头系统。触头系统包括主触头与辅助触头。主触头用以通断主电路；辅助触头用以通断控制电路。触头用纯银或者银基粉末冶金材料制成。

(3) 灭弧系统。灭弧系统包括磁吹灭弧与栅片灭弧等装置，用来迅速熄灭主触头分断时产生的电弧。

(4) 其它部分。包括绝缘底板、反作用弹簧、闭锁装置等。

接触器可按其主触头所控制的电路中电流的种类分为直流接触器和交流接触器。

一、交流接触器

最常用的 E 型拍合式磁路交流接触器的结构如图 1-7 所示。

接触器的铁芯用硅钢片叠成，以减少涡流与磁滞损耗。当吸力线圈 1 接通电源时，铁芯产生磁力，吸引衔铁 3 并带动方轴 4 转动，从而使装在方轴上的 3 个动触头 5 与 3 个静触头 6 分别闭合，接通主电路；同时也将常开辅助触头 7 闭合，常闭辅助触头 8 断开，接

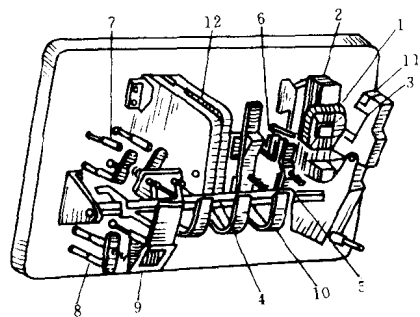


图 1-7 CJ 系列交流接触器结构图

1—吸力线圈；2—E 字形静铁芯；3—衔铁；4—方轴；5—动触头；6—静触头；7—常开辅助触头；8—常闭辅助触头；9—横桥；10—引出线；11—短路铜环；12—消弧罩

通辅助电路或给出控制信号。

当吸力线圈 1 断电时，铁芯的磁力消失，衔铁 3 在释放弹簧和自重的作用下恢复原位，从而使装在方轴上的动触头与辅助触头恢复初始位置。

交流接触器的吸力线圈一般多用交流电源操作，当吸力线圈通以交流电流时，产生交变磁通，由于电流瞬时值一个周期中有两次过零，当电流瞬时值为零时，铁芯中的磁通也为零，磁吸力也为零，这样就引起吸合后的电磁铁产生振动和噪声。为了消除电磁铁因吸力脉动而产生的噪声，在铁芯柱的端面上嵌装一个自成回路的铜环，常把这个铜环称为短路环，如图 1-8 (a) 所示。

当吸力线圈通入交流电流后，由于有短路环的存在，在环中感应电动势并产生感应电流。短路环

把铁芯中的磁通分为两部分，一部分为不穿过短路环的磁通 ϕ_1 ，主要由吸力线圈的电流所产生；另一部分为穿过短路环的磁通 ϕ_2 ，由吸力线圈中的电流与短路环中的感应电流共同产生。根据电磁感应定律可知，感应电流阻碍磁通的变化，故 ϕ_2 滞后于 ϕ_1 一个相角 φ ，如图 1-8 (b) 所示。由图中看出 ϕ_1 和 ϕ_2 不同时过零值，因此铁芯对衔铁总有吸力，从而基本上消除了振动和噪声。如铁芯和衔铁接触得愈紧密，气隙愈小，则短路环的作用就愈大，衔铁产生的振动和噪声就愈小。

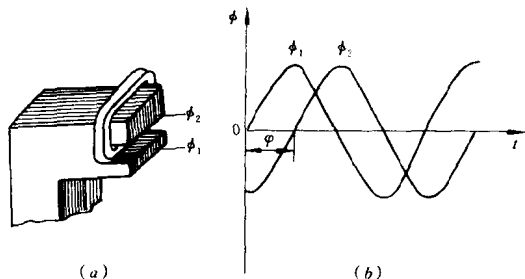


图 1-8 铁芯短路环工作原理

交流接触器的灭弧装置一般采用在每对主触头上套一个具有铁栅的消弧罩，其构造如图 1-9 所示。在石棉水泥壳 6 内插有镀铜铁片 2 构成的灭弧栅。当主触头 1 分断产生电弧 3 时，在电弧周围形成磁场 4。由于铁片的磁阻比空气小的多，因此电弧周围的磁通趋向于通过磁阻小的铁栅片，这样电弧被拉到灭弧栅中，电弧被拉长的同时，又被栅片隔成数段

串联的短弧 5，电弧很快被冷却熄灭。这种灭弧装置简单便宜，在低压交流接触器中被广泛地使用。

常用的交流接触器有 CJ0、CJ10、CJ12、CJ20 等系列。

CJ0-A、CJ0-B 系列交流接触器，是在 CJ0 基础上改进的产品，可取代 CJ0 系列老产品。

CJ10、CJ12 系列是早期全国统一设计

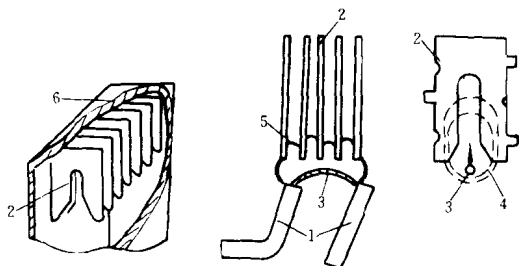


图 1-9 消弧罩灭弧原理

的系列产品。CJ10 为一般场合使用的接触器，CJ12 适用于冶炼、轧钢和起重机等重型起动的电器设备中。这两个系列产品的生产厂家较多，使用比较广泛。

CJ10X 系列消弧接触器是近年发展起来的新产品。它采用与晶闸管相结合的形式，避免了接触器在分断时产生电弧的现象。适用于条件较差，频繁起动和反接制动的电路中。

CJ20 系列交流接触器是全国统一设计的新型接触器，其额定电压为 660V 以下（其中部分等级可用于 1140V），额定电流 630A 以下。其结构型式为直动式、主体布置，双断点结构。CJ20—63 型及以上，采用压铸铝底座，并以增强耐弧塑料底板和高强度陶瓷灭弧罩组成三段式结构，整体结构紧凑，便于检修和更换线圈。其辅助触头的组合如下：160A 及以下为二常开二常闭；250A 及以上为四常开二常闭，可根据需要变换成三常开三常闭或二常开四常闭。

二、直流接触器

直流接触器主要用于远距离接通与分断电压至 440V，电流至 600A 的直流电力线路，亦适用于频繁起动、停止直流电动机以及控制直流电动机的换向或反接制动。

直流接触器的主要结构元件及工作原理与交流接触器基本相同，但交流和直流接触器不能随便互相代用。图 1—10 为 CZ₃ 型直流接触器结构图。

接触器的电磁系统往往采用衔铁绕棱角转动的拍合式电磁铁，电磁铁的导磁体用整块软钢制成。电磁线圈为电压线圈，用细漆包线绕制成长而薄的圆筒状。当线圈电压为其额定电压的 85%~105% 时，能产生足够的吸力，保证可靠地工作；当线圈电压下降到额定电压的 10%~20% 时，衔铁释放，起到欠压保护作用。

CZ₃ 直流接触器的工作过程如下：当吸力线圈 9 通入直流电时，衔铁 4 被吸上，将动触头 3 与静触头 2 闭合，同时将辅助桥式动触头 6 与静触头 7 分开。当吸力线圈断电后，在弹簧 5 的作用下衔铁释放，回到原位。图中 10 是绝缘底板，8 是消弧线圈，电弧在消弧室 1 内熄灭。

直流接触器一般采用磁吹灭弧装置，结构如图 1—11 所示。消弧线圈 1 与主触头串联。当线圈有电流时，通过线圈中的铁芯和两边导磁夹板 4 建立磁场，磁场的磁通 ϕ 穿过主触头。在主触头 2 和 3 分断时，在两触头间产生电弧，由左手定则可以确定磁场对电弧电流的作用力方向，此力将电弧往外拉长，并迅速移至灭弧罩 5 中冷却熄灭。

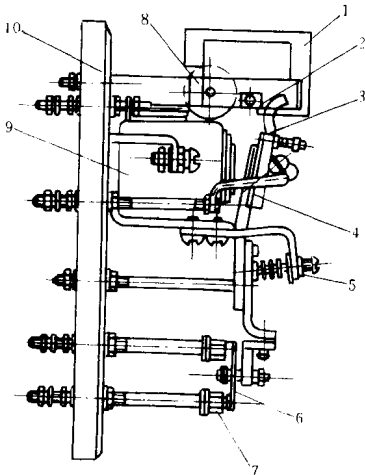


图 1—10 CZ₃ 型直流接触器结构图

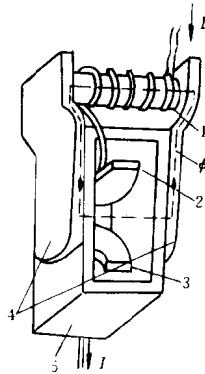


图 1—11 直流接触器的磁吹灭弧装置

常用的直流接触器有 CZ18、CZ21、CZ22 和 CZ10、CZ2 等系列。

三、接触器常见故障及修理

接触器可能发生的故障很多,表 1—1 列出触头、线圈、铁芯等最易发生的故障及处理方法。

表 1—1 接触器常见故障及处理方法

故障现象	产生故障的原因	处理方法
吸不上或吸不足	1) 电源电压过低或波动过大 2) 操作回路电源容量不足,或发生断线,触点接触不良,以及接线错误 3) 线圈技术参数不符合要求 4) 接触器线圈断线,可动部分被卡住,转轴生锈,歪斜等 5) 触点弹簧压力与超程过大 6) 接触器底盖螺钉松脱或其它原因使静、动铁心间距太大 7) 接触器安装角度不合规定	1) 调整电源电压 2) 增大电源容量,修理线路和触点 3) 更换线圈 4) 更换线圈,排除可动零件的故障 5) 按要求调整触点 6) 拧紧螺钉,调整间距 7) 电器底板垂直水平面安装
不释放或释放缓慢	1) 触点弹簧压力过小 2) 触点被熔焊 3) 可动部分被卡住 4) 铁心极面有油污 5) 反力弹簧损坏 6) 用久后,铁心截面之间的气隙消失	1) 调整触点参数 2) 修理或更换触点 3) 拆修有关零件再装好 4) 擦清铁心板面 5) 更换弹簧 6) 更换或修理铁心
线圈过热或烧损	1) 电源电压过高或过低 2) 线圈技术参数不符合要求 3) 操作频率过高 4) 线圈已损坏 5) 使用环境特殊,如空气潮湿,含有腐蚀性气体或温度太高 6) 运动部分卡住 7) 铁心极面不平或气隙过大	1) 调整电源电压 2) 更换线圈或接触器 3) 按使用条件选用接触器 4) 更换或修理线圈 5) 选用特殊设计的接触器 6) 针对情况设法排除 7) 修理或更换铁心
噪声较大	1) 电源电压低 2) 触点弹簧压力过大 3) 铁心截面生锈或粘有油污、灰尘 4) 零件歪斜或卡住 5) 分磁环断裂 6) 铁心截面磨损过度而不平	1) 提高电压 2) 调整触点压力 3) 清理铁心截面 4) 调整或修理有关零件 5) 更换铁心或分磁环 6) 更换铁心
触点熔焊	1) 操作频率过高或过负荷使用 2) 负载侧短路 3) 触点弹簧压力过小 4) 触点表面有突起的金属颗粒或异物 5) 操作回路电压过低或机械性卡住触点停顿在刚接触的位置上	1) 按使用条件选用接触器 2) 排除短路故障 3) 调整弹簧压力 4) 修整触点 5) 提高操作电压,排除机械性卡阻故障
触点过热或灼伤	1) 触点弹簧压力过小 2) 触点表面有油污或不平,铜触点氧化 3) 环境温度过高,或使用于密闭箱中 4) 操作频率过高或工作电流过大 5) 触点的超程太小	1) 调整触点压力 2) 清理触点 3) 接触器降容使用 4) 调换合适的接触器 5) 调整或更换触点

续表

故障现象	产生故障的原因	处理方法
触点 过度 磨损	1)接触器选用欠妥,在某些场合容量不足,如反接制动、密集操作等 2)三相触点不同步 3)负载侧短路	1)接触器降容或改用合适的 2)调整使之同步 3)排除短路故障
相间 短路	1)可逆接触器互锁不可靠 2)灰尘、水汽、污垢等使绝缘材料导电 3)某些零部件损坏(如灭弧室)	1)检修互锁装置 2)经常清理,保持清洁 3)更换损坏的零部件

第三节 继 电 器

继电器是一种根据输入参数(如电流、电压、时间、温度等)的变化而动作的自动控制电器。继电器主要用来反映各种控制信号,其触点通常接在控制电路中,实现对电力拖动系统的控制和保护。

继电器的种类很多,其分类方法也较多。按用途可分为控制继电器和保护继电器;按输入信号的性质可分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、温度继电器与压力继电器等;按动作原理可分为电磁式、感应式、电动式、热力式与电子式继电器等;按动作时间可分为瞬时继电器(动作时间在0.05s以下)和延时继电器(动作时间在0.15s以上)。

下面主要介绍常用的电磁式继电器、时间继电器和热继电器。

一、电磁式继电器

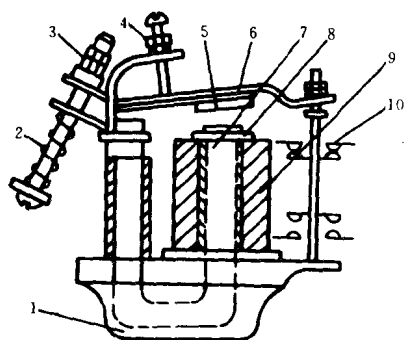


图 1-12 电磁式继电器典型结构图

1—底座;2—反力弹簧;3、4—调节螺钉;5—非磁性垫片;6—衔铁;7—铁芯;8—极靴;9—电磁线圈;10—触头系统

低压控制系统中采用的控制继电器大部分是电磁式继电器,其构造和工作原理与电磁式接触器相似。继电器由电磁系统和触头系统构成,由于控制电路电流小,所以继电器不设灭弧装置。

图 1-12 为电磁式继电器结构示意图。继电器磁系统为 U 形拍合式,铁芯和铁轭为一整体,减少了非工作气隙。极靴为一圆环,套在铁芯端部。衔铁做成板状,绕棱角转动,不通电时,衔铁靠反力弹簧作用打开;当电磁线圈 9 通电时,铁芯 7 产生的吸力便超过弹簧 2 的反作用力,使衔铁 6 转动而被吸合,因而将继电器的常开触头闭合(或常闭触头打开)。

电磁式继电器按电磁线圈电流种类可分为直流继电器与交流继电器;按继电器反映的参数可分为

电流继电器、电压继电器、中间继电器、时间继电器等。

1. 电磁式电流继电器

电流继电器是反映电流变化的控制电器,电流继电器的线圈串联在被控制的电路中。为使串入电流继电器后并不影响电路工作,因此要求电流继电器电磁线圈匝数少、导线粗,从而线圈上阻抗压降就小。

电流继电器按用途可分为过电流继电器和欠电流继电器。过电流继电器在正常工作时衔铁不动作。当继电器线圈上的电流值超过某一整定值时，电磁机构就将衔铁吸合，使触点系统动作，使被控制电路发生状态转换。欠电流继电器在电路电流正常时，衔铁处于吸合状态。当通过继电器线圈的电流降低到某一整定值时，继电器释放，触点系统返回常态。

可通过调整反作用力弹簧的松紧来改变继电器的动作电流与释放电流值。增大弹簧力时，动作电流与释放电流值都随着增大，反之亦然。调整非磁性垫片的厚度也能改变继电器的释放电流数值，非磁性垫片增厚时，磁路磁阻增大，释放电流值也增大。

2. 电磁式电压继电器

在自动控制线路中，能反映电路电压变化的继电器，称为电压继电器。电压继电器的电磁线圈并联在电路中，当线圈两端电压达到某一整定值时继电器动作。为此，要求电压继电器电磁线圈的匝数多、导线细、阻抗要大。

根据实际应用的要求，电压继电器又分为过电压、欠电压、零电压继电器。一般来说，过电压继电器是在线圈两端电压为 $(110 \sim 115)\%U_n$ 以上时动作，对电路进行过电压保护；欠电压继电器是在电压为 $(40 \sim 70)\%U_n$ 时动作，对电路进行欠压保护；零压继电器是当电压降至 $(5 \sim 25)\%U_n$ 时动作，对电路进行零压保护。具体动作电压的调整可根据具体要求来决定。

3. 电磁式中间继电器

电磁式中间继电器实质上是电压继电器，但它具有触头多（六对甚至更多），触头电流大（额定电流 $5 \sim 10A$ ），动作灵敏（动作时间小于 $0.05s$ ）等特点，可以用它来增加控制回路或放大输出信号。

当电压或电流继电器触头容量小或触头数量不够用时，可借助中间继电器的帮助进行控制，即电流或电压继电器控制中间继电器，用中间继电器再去控制容量较大的执行元件或数量较多的被控电路。

4. 电磁式时间继电器

时间继电器又称为延时继电器，其特点是继电器接受信号后，触头延时动作，在电力拖动系统中，延时继电器用来按照一定的次序和时间间隔接通或断开被控制的电路。

图 1-13 为 JT3 系列直流电磁式时间继电器的结构图，它与瞬时动作的直流电磁式继电器相似，仅在继电器的铁芯上多装了一个阻尼铜（铝）套。

时间继电器利用阻尼套在释放过程中的电磁阻尼作用，来达到延时的目的。其延时原理可用图 1-14 中的曲线来说明。

当电磁线圈 7 通电后，衔铁 3 处于吸合状态，其端面上存在着一个稳定磁通 Φ_{WD} 。与其相应，磁通产生的电磁吸力为 F_{WD} ，由于此吸力大于弹簧力，因而衔铁被铁芯紧紧地吸住（见图 1-14 中阴影部分）。如果从 C 点开始，线圈断电，衔铁端面的磁通便会从 Φ_{WD} 降低到剩磁通 Φ_s 。可以利用阻尼套来对磁通变化过程进行控制。阻尼套工作原理如图 1-15 所示。

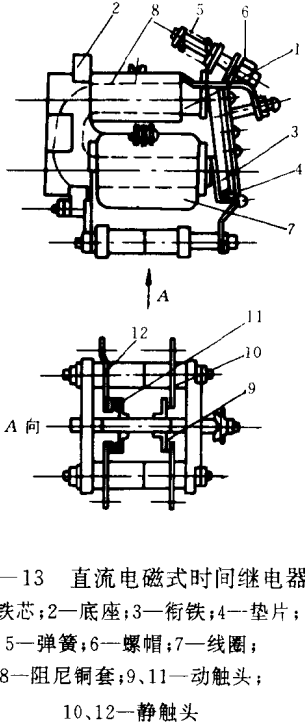


图 1-13 直流电磁式时间继电器
1—铁芯；2—底座；3—衔铁；4—垫片；
5—弹簧；6—螺帽；7—线圈；
8—阻尼铜套；9、11—动触头；
10、12—静触头

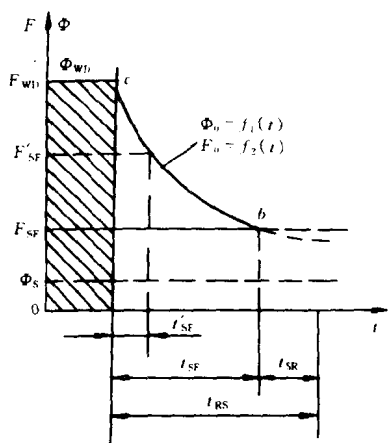


图 1-14 利用阻尼铜套产生延时的原理

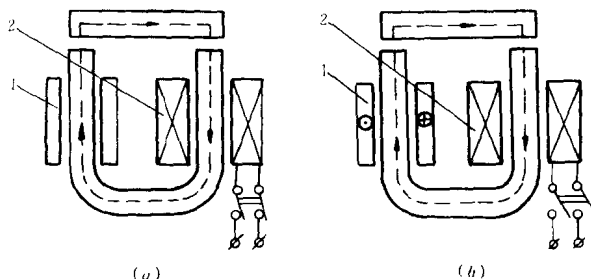


图 1-15 阻尼铜套工作原理图

a—线圈未断电时；b—线圈刚断电时

1—阻尼铜套；2—电磁线圈

在线圈未断电而且通有稳定的电流时，铁芯和衔铁内有一稳定的磁通 Φ_{wD} ，这时阻尼铜套内无电流，如图 1-15 (a) 所示。

当电磁线圈断电时，电流瞬时下降为零，磁路中的磁通发生变化，从而在阻尼铜套内将产生感应电势，并流过感应电流。根据楞次定律，铜套内电流产生的磁通是要阻碍原有磁通的变化，即铜套内电流产生与主磁通方向相同的磁通以阻止主磁通的下降，这样就使得主磁通缓慢地衰减，其衰减曲线可用图 1-14 中的曲线 $\Phi_0 = f(t)$ 表示，相应的电磁吸力变化过程可用图 1-14 中的曲线 $F_0 = f_2(t)$ 表示。

当吸力 F_0 减小到小于弹簧力 F_{SF} 时（对应图 1-14 中的 b 点），衔铁开始释放， t_{SF} 为衔铁的释放延时时间。若从衔铁开始释放到触头开始动作的时间为 t_{SR} ，则继电器的延时时间 t_{RS} 为 t_{SF} 与 t_{SR} 之和。

电磁式延时继电器的延时范围一般在 0.25~5s 之间，其延时的长短可通过改变非磁性垫片 4 的厚度或调节释放弹簧 5 的松紧程度进行调整：

(1) 改变释放弹簧的松紧程度，也就是改变维持衔铁吸住的最小磁通，即释放磁通。释放弹簧越紧，则释放磁通越大（1-14 中的 Φ'_s ），延时越短（1-14 中的 t'_{SF} ）；反之，释放弹簧越松，延时越长。但是弹簧的调整范围是有限度的，若将释放弹簧调得太松，便有可能使剩磁吸力大于弹簧反作用力 F_{SF} ，以致衔铁不能释放，所以利用弹簧调节延时是有限度范围的，仅可在小范围进行调整，所以称这种方法为细调。

(2) 改变非磁性垫片厚度，即改变磁通的工作间隙。当气隙改变后，衔铁吸合后的稳定磁通与剩磁通也随之改变。但由于磁路在正常工作时已趋于饱和，所以稳定磁通变化不大，但气隙改变后，使剩磁通变化较快。在释放弹簧松紧一定的情况下（即释放磁通一定的情况下），增加非磁性垫片的厚度将减小延时；反之，将增加延时。改变非磁性垫片厚度可在较大范围内调整延时时间，所以称这种方法为粗调。

二、时间继电器

时间继电器是一种利用电磁原理或机械原理实现触头延时接通或分断的控制电器，被广泛用来控制生产过程中按时间原则制定的工艺程序，如作为绕线式电动机切换起动电阻

的加速继电器，鼠笼式电动机自动 Y- Δ 起动控制器等。

时间继电器的种类很多，常用的有电磁式、空气阻尼式、电动机式和晶体管式等几种时间继电器。

1. 空气阻尼式时间继电器

空气阻尼式时间继电器又称气囊式时间继电器，是利用空气通过小孔节流原理获得延时动作的。继电器是由电磁系统、延时机构和触头系统三部分组成。电磁铁为直动式双 E 型；触头系统则是借用 LX5 型微动开关；延时机构则采用空气通过小孔时能产生阻尼作用的气囊式阻尼器。

这类时间继电器既可作成线圈通电时触头延时动作，也可作成线圈断电时触头延时动作。电磁机构可以是直流的，也可以是交流的。

图 1-16 为 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器结构原理图，为通电延时式时间继电器。

当继电器的电磁线圈 1 断电时，衔铁 2 在复位弹簧 3 的作用下，将活塞 9 推向最下端。这时橡皮膜 6 下方气室内的空气，通过橡皮膜 6、弹簧 5 和活塞 9 的肩部所形成的单向阀，从橡皮膜上方的气室缝隙中顺利地排掉，软弹簧 4 则被压缩。当电磁线圈 1 通电时，衔铁 2 向上吸合，活塞杆在软弹簧 4 的作用下开始向上移动。移动的速度取决于进气孔 8 的开口程度，可用螺旋 7 加以调节。经过一定的延迟时间后，活塞杆才移到最上端，此时活塞杆通过杠杆 10 压动微动开关 XK_2 ，使常闭接点 17、18 分断，常开接点 19、20 闭合。从继电器线圈通电动作到微动开关接点状态转换所用时间为时间继电器延时时间。

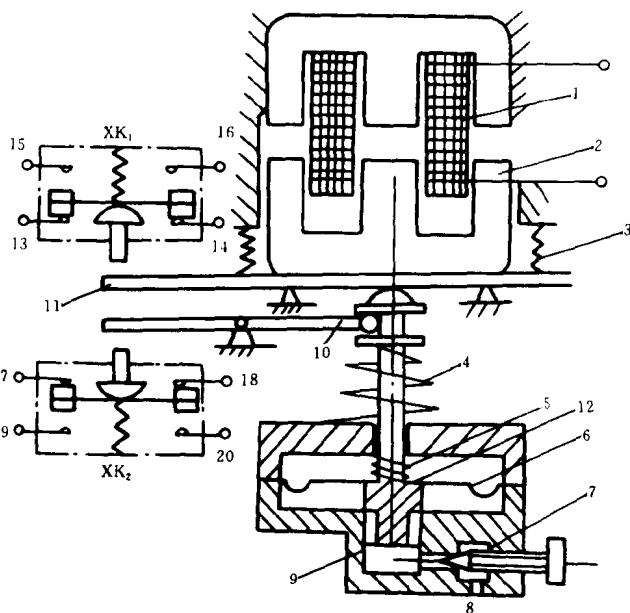


图 1-16 空气式时间继电器原理图

微动开关 XK_1 的接点是在衔铁吸合后立即动作的，为与延时动作的 XK_2 接点相区别，特将接点 13~14 称为瞬时动断接点（常闭），15~16 称为瞬时动合接点（常开）；而将接点 17~18 称为延时动断接点，19~20 称为延时动合接点。

空气阻尼式时间继电器具有延时范围大（0.4~180s）、结构简单、寿命长和价格低等优点。其缺点是：延时误差大（ $\pm 10\% \sim 20\%$ ），准确度低、易受环境温度、灰尘及安装方向的影响。所以这种时间继电器仅用在对延时精度要求不高的场合。

2. 晶体管式时间继电器

晶体管式时间继电器是利用 RC 电路电容器充电原理作为延时的基础。根据电压鉴别电路的不同，晶体管式时间继电器大致可以分为三类：一类是采用单结晶体管的延时电路；一类是采用不对称双稳态电路的延时电路；另一类是采用 MOS 型场效应管的延时电路。