

面向21世纪机电类专业高职高专实践性教材

# 电气控制线路 故障分析与处理

主编 张桂金



西安电子科技大学出版社  
XIDIAN UNIVERSITY PRESS

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

---

面向 21 世纪机电类专业高职高专实践性教材

# 电气控制线路故障 分析与处理

主 编 张桂金

副主编 姚海军

西安电子科技大学出版社

2009

## 内 容 简 介

本教材共分五部分,其内容主要包括低压电器基础知识,基本电气控制线路、典型机床电气控制线路、起重设备电气控制线路的故障分析与处理以及电气控制线路的设计。

本教材在内容选择上结合企业岗位需求,突出实际应用,重点培养学生的动手能力。教材中不仅列举了大量的实例,还总结了从业人员在实际工作中常见的电气控制线路故障现象、可能原因及对应的处理方法。通过本教材的学习,学生可具备电气控制线路的识图、故障处理及简单的电气控制线路设计能力。

本教材主要适用于高职高专学校电气自动化、机电一体化、计算机控制技术等专业,也可作为企业电工培训教材使用。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气控制线路故障分析与处理/张桂金主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2009.8

中国高等职业技术教育研究会推荐. 面向21世纪机电类专业高职高专实践性教材

ISBN 978-7-5606-2287-3

I. 电… II. 张… III. ① 电气控制—控制电路—故障检测—高等学校:技术学校—教材

② 电气控制—控制电路—故障修复—高等学校:技术学校—教材 IV. TM571.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第096791号

策 划 毛红兵

责任编辑 雷鸿俊 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 17

字 数 402千字

印 数 1~4000册

定 价 24.00元

ISBN 978-7-5606-2287-3/TM·0059

**XDUP 2579001-1**

\*\*\*如有印装问题可调换\*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

# 前 言

---

本教材是应高职高专课程改革，以“淡化理论、够用为度、培养技能、重在应用”为原则而编写的，主要适用于高职高专学校电气自动化、机电一体化、计算机控制技术等专业，也可作为企业电工培训教材使用。

本教材共分五部分，其内容主要包括低压电器基础知识，基本电气控制线路、典型机床电气控制线路、起重设备电气控制线路的故障分析与处理以及电气控制线路的设计。

为了体现高职教学以就业为导向的特点，在编写的过程中，编者力求使内容通俗易懂、涉及面宽，突出实际操作技能的训练，将理论与实践有机地结合起来。本教材结合生产实际的需要，侧重于对电气控制线路的分析、检查、维修技能的培养，以提高学生在工作岗位分析和解决检修实际问题的能力为目的。

本教材是编者根据自己在企业从事多年电气现场维护的经验和数年的“工厂电气控制技术”理论教学，以及查阅大量的相关资料编写而成的。教材层次分明，简明扼要，实用性强，不仅能满足在校学生课内学习的需要，也能作为学生校外实习和电气现场维护人员的参考书。

本教材由西安航空职业技术学院张桂金任主编。其中项目一、三、四、五由张桂金编写，项目二和附录由西安航空职业技术学院姚海军编写。

本书在编写过程中得到了学院领导和教研室同行们的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。同时也对书末参考文献的作者表示感谢！

由于编者水平有限，书中可能还存在不足之处，敬请读者批评指正。

编 者  
2009年4月

# 目 录

项目一 电气控制线路常用低压电器.....	1
任务一 低压电器基础知识及部件维修.....	1
活动1 低压电器基础知识.....	1
活动2 低压电器元件的常见故障及维修.....	8
任务二 开关电器与指示灯的认识及维修.....	9
活动1 刀开关、负荷开关及组合开关.....	9
活动2 主令电器的认识、拆装及维修.....	17
活动3 指示灯的认识、拆装及维修.....	24
任务三 熔断器的认识及维修.....	25
活动1 熔断器的认识.....	25
活动2 熔断器的选择、安装、使用及维修.....	29
任务四 接触器的认识及维修.....	32
活动1 接触器的认识.....	32
活动2 接触器的选用规则、安装及维修.....	35
任务五 继电器的认识及维修.....	40
活动1 继电器的认识.....	40
活动2 继电器的使用及维修.....	52
任务六 低压断路器的认识及维修.....	57
活动1 低压断路器的认识.....	57
活动2 低压断路器的使用及维修.....	61
任务七 变频器的认识及维修.....	64
活动1 变频器的认识.....	64
活动2 变频器的使用及维修.....	67
习题.....	74
项目二 三相异步电动机常见电气控制线路及故障排除.....	77
任务一 电气控制线路图的绘制原则及识图方法.....	77
活动1 电气控制线路图.....	77
活动2 典型电气控制线路图的分析内容与识图方法.....	84
任务二 电气控制柜的安装、调试及故障处理.....	85
活动1 电气控制柜的安装、配线与线路调试.....	85
活动2 典型电气控制线路的故障检查方法.....	90

任务三 三相异步电动机的典型控制线路图的分析 .....	97
活动 1 点动控制线路.....	97
活动 2 三相笼型异步电动机全压启动控制线路 .....	100
活动 3 既能点动又能连续运转控制的控制线路 .....	104
活动 4 多点动控制线路.....	107
活动 5 顺序控制的控制线路.....	108
活动 6 正反转控制线路.....	111
任务四 行程控制线路的检查、试车及故障处理 .....	117
活动 1 行程控制线路.....	117
活动 2 行程控制线路实例.....	121
任务五 三相异步电动机启动控制线路检查、试车及故障处理 .....	125
活动 1 三相笼型异步电动机降压启动的控制线路 .....	125
活动 2 三相绕线转子异步电动机制动控制线路 .....	134
任务六 三相异步电动机制动控制线路的检查、试车及故障排除 .....	138
活动 1 三相笼型异步电动机制动控制线路.....	138
活动 2 三相绕线转子异步电动机制动控制线路 .....	144
任务七 三相笼型异步电动机调速控制线路的检查及故障处理 .....	146
活动 三相笼型异步电动机调速控制线路.....	146
任务八 直流电动机控制线路分析.....	153
活动 直流电动机控制线路.....	153
习题.....	157
<b>项目三 常用机床电气控制线路分析、检查与故障处理 .....</b>	<b>160</b>
任务一 CA6140 型卧式车床 .....	160
活动 1 CA6140 型卧式车床的电气控制线路分析.....	160
活动 2 CA6140 型卧式车床的故障检查及处理.....	164
任务二 Z3040 型摇臂钻床 .....	167
活动 1 Z3040 型摇臂钻床的电气控制线路分析.....	167
活动 2 Z3040 型摇臂钻床的常见故障及处理 .....	173
任务三 X62W 卧式万能铣床.....	174
活动 1 X62W 卧式万能铣床的电气控制线路分析.....	174
活动 2 X62W 卧式万能铣床的常见故障及处理.....	181
任务四 M7130 型平面磨床.....	184
活动 1 M7130 型平面磨床的电气控制线路分析.....	184
活动 2 M7130 型平面磨床的常见故障及处理.....	189
任务五 T68 型镗床 .....	192
活动 1 T68 型镗床的电气控制线路分析.....	192
活动 2 T68 型镗床的常见故障及处理.....	199
任务六 组合机床机械动力滑台.....	201

活动	组合机床机械动力滑台的电气控制线路分析 .....	201
习题	.....	204
<b>项目四</b>	<b>起重设备的电气控制分析、检查与故障处理</b> .....	<b>206</b>
任务一	桥式起重机的控制器和保护箱 .....	206
活动 1	桥式起重机的基础知识 .....	206
活动 2	桥式起重机的凸轮控制器及其控制电路 .....	210
活动 3	桥式起重机的电气保护设备 .....	214
任务二	主钩升降机构控制线路及桥式起重机供电系统 .....	218
活动 1	主钩升降机构的控制线路 .....	218
活动 2	桥式起重机供电系统及总体控制线路 .....	223
任务三	桥式起重机制动装置、日常维修及故障处理 .....	228
活动 1	制动器与制动电磁铁 .....	228
活动 2	桥式起重机的日常维修和故障处理 .....	232
习题	.....	237
<b>项目五</b>	<b>电气控制线路的设计</b> .....	<b>239</b>
任务一	电气控制线路的设计 .....	239
活动 1	电气控制线路设计的主要内容、方法和步骤 .....	239
活动 2	电气控制线路设计的基本要求 .....	244
任务二	电气控制线路设计举例 .....	252
活动	CW6163 型卧式车床电气控制线路设计 .....	252
习题	.....	252
<b>附录</b>	.....	<b>260</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>264</b>

# 项目一 电气控制线路常用低压电器

## 任务一 低压电器基础知识及部件维修

### 活动1 低压电器基础知识

#### 一、活动目标

- (1) 理解电器及低压电器的概念。
- (2) 熟悉电磁式低压电器的基础知识。

#### 二、活动内容

##### 1. 电器及低压电器的概念

通常把对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电气设备称为电器，即电器是一种能控制电的工具。

电器按工作电压的高低可分为高压电器和低压电器两大类。低压电器是指在交流额定电压 1200 V 以下或直流额定电压 1500 V 及以下的电路中主要起通断、保护、控制或调节作用的电器产品。本教材仅介绍电力拖动控制系统中常用的一些低压电器元件。

##### 2. 低压电器的分类

低压电器种类繁多，可按其动作方式、用途及执行机构进行分类。

###### 1) 按动作方式分类

按动作方式分，低压电器可分为以下两类：

(1) 手动电器。依靠外力(如人工)直接操作才能完成任务的电器称为手动电器。如刀开关、按钮和转换开关等。

(2) 自动电器。依靠指令或电器本身参数变化或外来信号(如电、磁、光、热等)变化就能自动完成接通、分断电路任务的电器称为自动电器。如接触器、继电器等。

###### 2) 按用途分类

按用途分，低压电器可分为以下两类：

(1) 低压保护电器。这类电器主要在低压配电系统及动力设备中起保护作用，以保护电源、线路或电动机。如熔断器、热继电器等。

(2) 低压控制电器。这类电器主要用于电力拖动控制系统中，要求在系统发生故障的情况下能及时可靠地动作，而且寿命要长。如接触器、继电器、控制按钮、行程开关、主令控制器和万能转换开关等。



有些电器具有双重作用，如低压断路器既能控制电路的通断，又能实现短路、欠压及过载保护。

### 3) 按执行机构分类

按执行机构分，低压电器可分为以下两类：

(1) 电磁式电器。利用触点的接通和分断来通断电路的电器称为电磁式电器。如接触器、低压断路器等。

(2) 非电量控制电器。其工作是靠外力或非电物理量的变化而动作的电器称为非电量控制电器。如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器和温度继电器等。

## 3. 低压电器的基本组成

低压电器一般由两个基本部分组成。一是感受部分，其功能是感受外界输入的信号，做出有规律的反应，并通过转换、放大、判断，使执行部分动作，输出相应的指令，实现控制的目的。对于自动控制电器来说，感受部分大都由电磁机构组成，而对于手动控制电器来说，感受部分通常是操作手柄。二是执行部分，其功能是根据指令执行电路的接通、切断等任务，如触点系统、灭弧系统。

由于电磁式电器在低压电器中占有非常重要的地位，在电气控制线路中应用广泛，类型较多，而且各类电磁式电器的工作原理和结构基本相同，因此，下面重点介绍电磁式低压电器的基础知识。

## 4. 电磁机构的作用、组成及分类

电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能量，将电磁机构中吸引线圈的电流转换成电磁力，带动触点动作，完成通断电路的控制。

电磁机构由吸引线圈、铁芯(静铁芯)、衔铁(动铁芯)、铁轭、空气隙等组成，其中吸引线圈和铁芯是静止不动的，只有衔铁是可动的。

根据磁路形状、衔铁运动方式以及线圈接入电路的方式不同，电磁机构可分成多种形式和类型。不同形式和类型的电磁机构可构成多种类型的电磁式电器。

### 1) 按磁路形状和衔铁运动方式分

按磁路形状和衔铁运动方式分，电磁机构可分为以下五类：

(1) U形拍合式。其结构特点是：铁芯制成U形，而衔铁的一端绕棱角或转轴做拍合运动。U形拍合式电磁机构若如图1-1(a)所示，则主要用于直流电磁式电器(如直流接触器和直流继电器)，其铁芯和衔铁均由工程软铁制成；U形拍合式电磁机构若如图1-1(b)所示，则主要应用于交流电磁式电器中，其铁芯和衔铁均由电工钢片叠成，而衔铁绕转轴转动。

(2) E形拍合式和E形直动式。其结构特点是：铁芯和衔铁均制成E字形，线圈套装在中间铁芯柱上，且均由电工钢片叠成。这两种形式的电磁机构均用于交流电磁式电器中。E形拍合式电磁机构如图1-1(c)所示，主要用于60 A及以上的交流接触器中；E形直动式电磁机构如图1-1(d)所示，主要用于40 A及以下的交流接触器和交流继电器中。

(3) 空心螺旋式。其结构特点是：电磁机构中没有铁芯，而只有线圈和圆柱形衔铁，且衔铁在空心线圈内做直线运动，如图1-1(e)所示。这种形式的电磁机构主要用于交流电流继电器和交流时间继电器中。

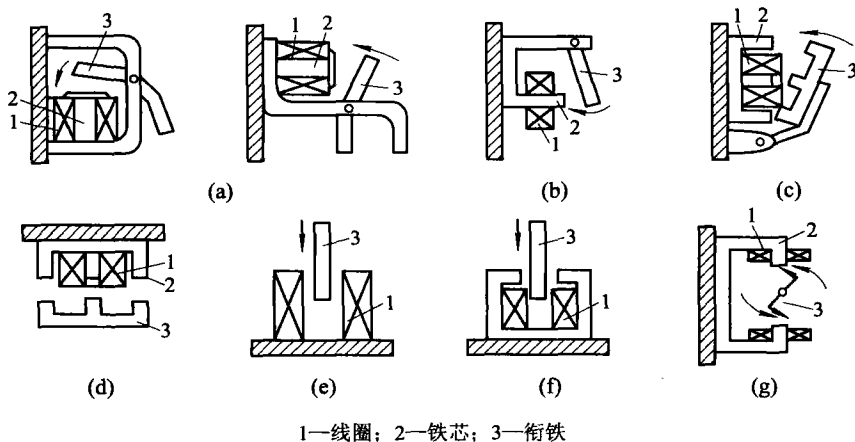


图 1-1 常用电磁机构的形式

(4) 装甲螺管式。其结构特点是：在空心线圈的外面罩以用导磁材料制成的外壳，而圆柱形衔铁在空心线圈内做直线运动，如图 1-1(f)所示。这种电磁机构常用于交流电流继电器中。

(5) 回转式。其结构特点是：铁芯用电工钢片叠成后制成 C 形，衔铁是 Z 形转子，两个可串联或并联的线圈分别绕在铁芯开口侧的铁芯柱上，如图 1-1(g)所示。这种电磁机构主要应用于供配电系统中的交流电流继电器上。

2) 按线圈在电路中的接入方式分

按线圈在电路中的接入方式分，电磁机构可分为以下两类：

(1) 串联电磁机构。电磁机构的线圈是串联在电路中的，这种接入方式的线圈称为电流线圈，具有这种电磁机构的电器都属于电流型电器，如图 1-2(a)所示。串联电磁机构的特点是：衔铁动作与否取决于线圈中电流的大小，而线圈中电流的变化不会引起衔铁的动作。按电路中电流的种类又可把串联电磁机构分为直流串联电磁机构和交流串联电磁机构。为了不影响电路中负载的端电压和电流，通常要求串联电磁机构的线圈匝数少，导线截面积大，以取得较小的线圈内阻。

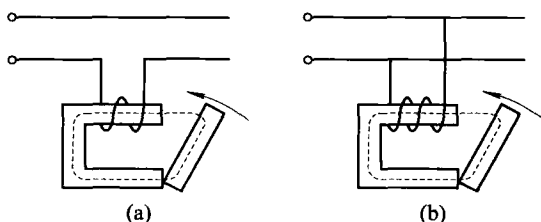


图 1-2 电磁机构中线圈接入电路的方式

(a) 串联电磁机构; (b) 并联电磁机构

(2) 并联电磁机构。电磁机构的线圈是并联在电路中的, 这种接入方式的线圈又称为电压线圈, 具有这种电磁机构的电器均属于电压型电器, 如图 1-2(b)所示。并联电磁机构的特点是: 衔铁动作与否取决于线圈两端电压的大小, 直流并联电磁机构衔铁的动作不会引起线圈中电流的变化, 但对于交流并联电磁机构, 衔铁的动作会引起线圈阻抗的变化, 从而会引起线圈中电流的变化。实验证明, 对于 U 形电磁机构, 衔铁打开时线圈中的电流值为衔铁闭合后的 6~7 倍, E 形电磁机构可达 10~15 倍。而线圈中的允许电流值通常是按衔铁闭合后的电流值设计的, 因此线圈一旦有电而衔铁由于某种原因不能闭合或操作频繁时, 极易引起线圈过热甚至烧坏, 这也是交流电压型电器比直流电压型电器易损坏的原因之一。

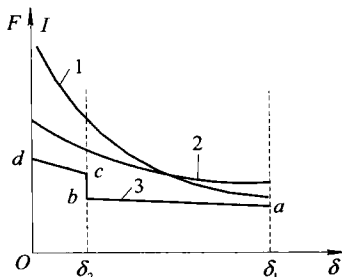
## 5. 电磁机构的特性

电磁机构的工作状态常用吸力特性和反力特性来衡量, 二者间的配合关系将直接影响电磁式电器的工作可靠性。

### 1) 电磁机构的吸力特性

电磁机构的吸力特性是指吸力与气隙的关系曲线。它主要取决于线圈的连接方式(串联或并联)以及励磁电流种类(交流或直流)。

直流电磁机构的吸力与气隙的平方成反比, 而交流电磁机构的吸力与气隙的大小无关。因此, 直流电磁机构的吸力特性比交流电磁机构的吸力特性要陡, 如图 1-3 所示。



1—直流电磁机构的吸力特性; 2—交流电磁机构的吸力特性; 3—反力特性

图 1-3 吸力特性和反力特性

### 2) 电磁机构的反力特性

电磁机构的反力特性是指转动部分的静阻力与气隙的关系曲线。它与阻力的大小、作用弹簧、摩擦阻力以及衔铁重量有关。电磁机构的反力, 在忽略电磁机构运动部件重力的情况下, 主要由触点弹簧和释放弹簧的反力构成, 用  $F_r$  表示。由于在弹性限度内, 弹簧的作用与其长度成线性关系, 因此反力特性曲线均是直线段, 如图 1-3 中的曲线 3 所示。 $\delta_1$  为气隙的最大值, 把此时对应的动、静触点之间的距离称为触点开距。在衔铁闭合过程中, 当气隙由  $\delta_1$  开始减小时, 反力逐渐增大, 如曲线 3 中的  $ab$  段所示, 这一段为释放弹簧的反力变化。到达气隙  $\delta_2$  位置时, 动、静触点刚刚接触, 由于触点弹簧预先被压缩了一段, 因而当动、静触点刚刚接触时由触点弹簧产生一个压力, 称为初压力, 此时初压力作用到衔铁上, 反力突增, 曲线也突变, 如曲线 3 中的  $bc$  段所示, 这一段为触点弹簧的初压力。当气隙由  $\delta_2$  减小时, 释放弹簧与触点弹簧同时起作用, 使反力变化增大。气隙越小触点压得越紧, 反力越大, 线段较  $\delta_1 \sim \delta_2$  段陡, 如曲线 3 的  $cd$  段所示。

触点弹簧压缩的距离称为超行程，即从静、动触点刚开始接触到静、动触点压紧的距离。触点完全闭合后动触点已不再向前运动时的触点压力称为终压力。

通过以上分析可知，触点闭合的过程就是气隙减小的过程。触点的四个主要参数是开距、超行程、初压力和终压力。开距用以保证断开电弧和在规定的试验电压下触点不被击穿；初压力主要用来限制并防止触点在刚接触时出现的机械振动；超行程用以保证触点可靠接触；终压力是确保触点在闭合状态下接触电阻较小，使触点温升不超过允许值。

### 3) 电磁机构的吸力特性与反力特性的配合

吸力特性与反力特性配合的宗旨，是在保证衔铁产生可靠吸合动作的前提下尽量减少衔铁和铁芯柱端面间的机械磨损和触点的电磨损。因此，吸力特性曲线应在反力特性曲线的上方且彼此靠近，如图 1-3 所示。如果反力特性曲线在吸力特性曲线的上方，此时的衔铁无法产生闭合动作，特别是对于交流并联电磁机构，由于衔铁无法吸合而导致线圈严重过热乃至烧坏。如果反力过小则反力特性曲线远离吸力特性曲线，这时衔铁虽能产生闭合动作，但由于吸力过大，使衔铁闭合时的运动速度过大，因而会产生很大的冲击力，使衔铁与铁芯柱端面造成严重的机械磨损。此外，过大的冲击力有可能使触点产生弹跳现象，从而导致触点的熔焊或烧损，也就会引起严重的电磨损，降低触点的使用寿命。为此，可以通过改变释放弹簧的松紧来实现吸力特性与反力特性的适当配合。

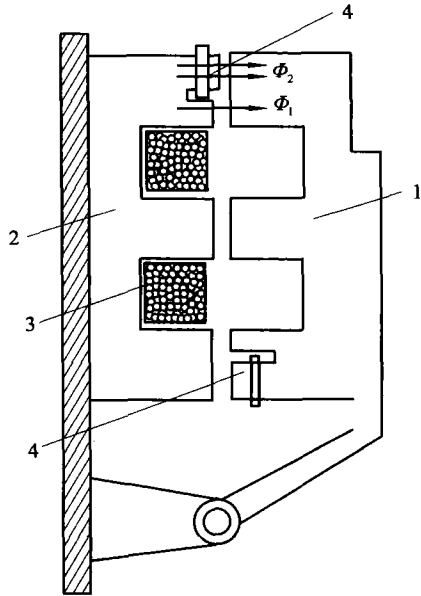
只要改变释放弹簧的松紧，就可以改变反力特性曲线的位置。若将释放弹簧扭紧，则反力特性曲线平行上移；反之，反力特性曲线平行下移。

交流电磁机构的电磁吸力是随时间变化而变化的。在工作中，能否将衔铁吸住是由平均吸力  $F_0$  的大小来决定的。所以通常所说的交流电磁机构的吸力，就是指它的平均吸力。

电磁机构在工作时，衔铁始终受到反作用弹簧、触点弹簧等反作用力  $F_r$  的作用。尽管电磁吸力的平均值  $F_0$  大于反作用力  $F_r$ ，但在某些时候电磁吸力  $F_{at}$  仍将小于反作用力  $F_r$ ，当  $F_{at} < F_r$  时衔铁开始释放；当  $F_{at} > F_r$  时，衔铁又被吸合，如此反复，使衔铁产生振动，发出噪声。而振动会造成电器结构松散、寿命降低，同时使触点接触不良，易于熔焊和烧损。因此，必须采取措施抑制振动和噪声。通过以上分析可知，只有使电磁机构的吸力  $F_{at}$  在任何时候都大于反力  $F_r$ ，才有可能消除振动和噪声。在实际中，常将气隙磁通分为两部分，并使它们在相位上相差一个角度  $\psi$ ，并使一个磁通为零时，另一个磁通恰好达到最大或接近于最大。这样，无论何时，两个磁通产生的电磁吸力都不会同时为零，而且它们的合力有可能一直大于反力  $F_r$ ，从而达到消除振动和噪声的目的。实现上述要求的具体措施是在铁芯端部开一个槽，在槽内嵌以铜环(称之为短路环或分磁环)，如图 1-4 所示。在铁芯柱上嵌装短路环以后，能够减小甚至消除这种振动和噪声，这是因为当线圈 3 通入单相交流电时，在短路环 4 中便有感应电流产生，这个感应电流在铁芯中产生磁通。此时可将铁芯中的磁通分为两部分：短路环以外的磁通  $\Phi_1$  是由线圈 3 中的电流所产生的；穿过短路环的磁通  $\Phi_2$  是由线圈中的电流和短路环中的电流共同产生的。由于线圈中的电流和短路环中的感应电流相位不同，因此磁通  $\Phi_1$  和  $\Phi_2$  的相位也不同， $\Phi_1$  和  $\Phi_2$  不同时过零，这样就能够始终吸住衔铁，减小铁芯的振动。

短路环一般包围铁芯 2 截面的 2/3，用铜条制成。交流电磁机构是一种操作频繁的控制设备，其衔铁 1 在闭合时产生强烈的冲击力，容易造成短路环 4 脱落或断裂，此时会导致电磁机构产生强烈的振动和噪音。所以，在维修电磁式电器时应检查短路环的完好情况，

如发现异常，应及时修好。



1—衔铁；2—铁芯；3—线圈；4—短路环

图 1-4 电磁机构的短路环

### 6. 电接触

电磁式电器的执行元件是触点，而电磁式电器正是通过触点的动作来接通和断开被控电路的。电接触是指触点在闭合状态下的动、静触点完全接触，而且有工作电流通过。电接触情况的好坏直接影响触点的工作可靠性和使用寿命，而影响电接触工作情况的主要因素是触点接触电阻的大小。接触电阻大时，易使触点发热而温度升高，从而使触点易产生熔焊现象，这样既影响电器工作的可靠性，又降低了触点的使用寿命。触点的接触电阻不仅与触点的接触形式有关，而且还与接触压力、触点材料及触点表面状况等有关。

#### 1) 触点的接触形式

触点的接触形式有三种，即点接触、线接触和面接触，如图 1-5 所示。

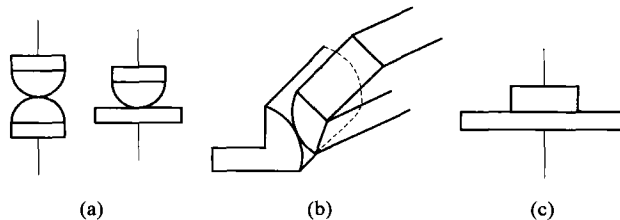


图 1-5 触点的三种接触方式

(a) 点接触；(b) 线接触；(c) 面接触

(1) 点接触：由两个半球或一个半球与一个平面形触点构成，如图 1-5(a)所示。其接触区域是一个点或面积很小的面，允许通过电流很小，所以它常用于较小电流的电器中，如接触器的辅助触点和继电器的触点。

(2) 线接触: 由两个圆柱面形的触点构成, 也称为指形触点, 如图 1-5(b)所示。其接触区域是一条直线或一条窄面, 允许通过的电流较大, 常用于中等容量接触器的主触点。由于这种接触形式在通断过程中是滑动接触的(如图 1-6 所示), 因此在接通时, 接触点按 A→B→C 序变化; 断开时, 接触点则按 C→B→A 序变化, 这样能够自动清除触点表面的氧化膜, 从而更好地保证触点的良好接触。

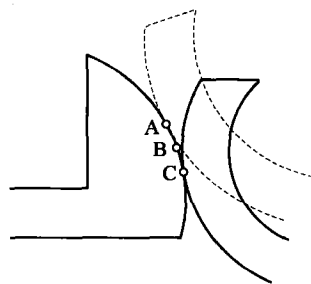


图 1-6 指形触点的接触过程

(3) 面接触: 是两个平面形触点相接触, 如图 1-5(c)所示。其接触区域有一定的面积, 允许通过很大的电流, 常用于大容量接触器的主触点。

### 2) 接触电阻

触点有四种工作情形, 即闭合状态、断开过程、断开状态和闭合过程。在理想情况下触点闭合时接触电阻为零; 触点断开时接触电阻为无穷大; 在闭合过程中接触电阻由无穷大瞬时变为零; 在断开过程中接触电阻由零瞬时变为无穷大。但实际上, 在闭合状态时耦合触点间有接触电阻存在, 而且当接触电阻过大时, 就可能导致被控电路压降过大或电路不通; 在断开状态时要求触点间有一定的绝缘电阻, 若绝缘电阻较小, 就可能导致触点击穿放电, 致使被控电路导通; 在闭合过程中有触点弹跳现象, 可能破坏触点的可靠闭合; 在断开过程中可能产生电弧, 进而使触点不能可靠断开。

### 3) 影响接触电阻的因素及减小接触电阻的方法

触点表面是凸凹不平的, 电流的导通是通过大量的非均匀分布的微观面来实现的, 而微观面的尺寸、数目和分布与触点的形状、接触压力、材料性能、温度等因素有关, 其中最重要的一个因素是触点压力。由于接触压力的增加, 可以使接触面积增大, 从而使接触电阻减小, 为此, 常在动触点上安装一个触点弹簧, 以增加接触压力。

材料的电阻系数越小, 接触电阻越小。在金属中银的电阻系数最小, 但铜的价格低, 实际中常在铜基触点上镀银或嵌银, 以减小接触电阻。

在空气中触点表面被氧化而形成表面膜电阻, 触点温度升高会加速氧化的进程。由于金属本身的电阻系数比一般金属氧化物的电阻系数小, 因此一旦金属表面生成氧化物, 会使接触电阻增大, 严重时会使触点间形成绝缘而导致电路不通。银的氧化物电阻系数与纯银的电阻系数较接近, 因此, 在小容量的电器中常采用银或镀银触点。而在大容量电器中, 可采用具有滑动作用的指形触点, 因为它能在闭合过程中磨去氧化膜, 从而使清洁的金属接触面良好接触, 以增强触点的导电性。此外, 触点上的尘垢也会影响其导电性, 因此, 当触点表面聚集了尘垢以后, 需用无水乙醇或四氯化碳揩拭干净。如果触点表面被电弧烧灼而出现烟熏状, 也要采用上述方法进行处理。

## 7. 电弧

### 1) 电弧的产生

电弧是在触点分断电流瞬间, 在触点间的气隙中产生的。触点的断开过程是逐步进行的, 开始时接触面积逐渐减少, 接触电阻随之增加, 温升随之升高。实践经验表明, 当触点所切断的电路电压在 10~20 V 范围, 电流在 80~100 mA 范围时, 触点间即可产生电弧。

## 2) 电弧的特点

电弧的主要特点是外部有白炽弧光，内部有很高的温度和密度很大的电流。

## 3) 电弧的危害

电弧的危害主要有两方面：一方面烧蚀触点，降低电器寿命和电器工作的可靠性；另一方面使分断时间延长，严重时引起火灾或其他事故。因此在电路中应采取适当的措施熄灭电弧。

## 4) 灭弧的措施

(1) 迅速增加电弧长度。

(2) 使电弧与流体介质或固体介质相接触，加强冷却和去游离作用，加快电弧熄灭。

## 三、活动回顾与拓展

(1) 对于常用低压电器进行分类，并确定它们分别属于哪类低压电器。

(2) 观察触点的各种状态，并用万用表测量各种状态。

## 活动2 低压电器元件的常见故障及维修

### 一、活动目标

(1) 熟练掌握电磁机构的常见故障现象及维修方法。

(2) 熟练掌握触点的常见故障现象、故障的可能原因及维修方法。

### 二、活动内容

#### 1. 电磁机构的故障现象及维修方法

由于铁芯和衔铁的端面接触不良或衔铁歪斜、短路环损坏、电压太低等，都会使衔铁噪声大，甚至造成线圈过热或烧毁。

##### 1) 衔铁噪声大

修理时应拆下线圈，检查铁芯和衔铁之间的接触面是否平整，有无油污。若不平整应锉平或磨平；如有油污需清洗。若铁芯歪斜或松动，应加以校正或紧固。检查短路环有无断裂。如断裂应按原尺寸用铜块制好换上，或将粗铜丝做成方截面，再按原尺寸制好，并在接口处气焊修平即可。

##### 2) 衔铁吸不上

当线圈接通电源后，衔铁不能被铁芯吸合，此时应立即切断电源，以免线圈被烧毁。若线圈通电后无振动和噪声，则需检查线圈引出线连接处有无脱落，用万用表检查是否断线或烧毁；通电后如有振动和噪声，则应检查活动部分是否被卡住，铁芯和衔铁之间是否有异物，电源电压是否过低等。

##### 3) 线圈故障

线圈故障主要是由于通过的电流过大致使线圈过热而烧毁。这类故障通常是由于线圈绝缘损坏，或受机械损伤造成匝间短路或接地而引起的。电源电压过低、铁芯和衔铁接触不紧密，也会造成线圈电流过大，线圈过热乃至烧毁。线圈若因短路烧毁，则需更换。如果线圈短路的匝数不多，短路点又在接近线圈的端头处，其余部分均完好，这时可将损坏的几圈拆去，线圈还可继续使用。

## 2. 触点的故障检修及调整

触点的一般故障有触点过热、磨损、熔焊等。其检修步骤如下：

(1) 打开外盖，检查触点表面的氧化情况和有无污垢。由于银触点的氧化层的导电率和纯银接近，因此银触点被氧化时可不做处理。而对于铜触点的氧化层，需用小刀轻轻地刮去。如触点沾有污垢，要用汽油将其清洗干净。

(2) 观察触点表面有无灼伤烧毛，如有烧毛现象，要用小刀或整形锉整修其毛面。整修时不必将触点表面整修得过分光滑，因为过分光滑会使触点接触面减小；也不允许用纱布或砂纸修整触点的毛面。

(3) 如有触点熔焊，应更换触点。如因触点容量不够而产生熔焊，应更换较大容量的电器。

(4) 检查触点的磨损情况，若磨损到原厚度的  $1/3 \sim 1/2$  则应更换触点。

(5) 检查触点有无机械损伤使弹簧变形，造成压力不够。此时需调整其压力，使触点接触良好。可用纸条测试触点压力：将一条比触点稍宽的纸条，放在动静触点之间，若纸条很容易拉出，说明触点的压力不够，经调整还达不到要求，则应更换弹簧。用纸条测定压力需凭经验，一般小容量的电器稍用力纸条便可拉出；较大容量的电器，纸条拉出后有撕裂现象，出现这种现象说明触点压力比较合适。若纸条被拉断，说明触点压力太大。

## 三、活动回顾与拓展

(1) 对于常用低压电器的电磁机构结合实物进行认识，并观察它们之间的动作过程及动作关系。

(2) 对完好的低压电器和已出现故障的低压电器进行对比，并探讨低压电器的电磁机构和触点的常见故障现象及处理方法。

(3) 对常见低压电器的电磁机构及触点分别进行确认，观察它们之间的动作情况。

(4) 触点的一般故障有触点过热、磨损、熔焊等。其检修顺序和方法是什么？

(5) 电磁机构的常见故障现象、原因及维修方法分别是什么？

# 任务二 开关电器与指示灯的认识及维修

## 活动1 刀开关、负荷开关及组合开关

### 一、活动目标

(1) 熟悉刀开关、负荷开关、组合开关的结构原理、图形符号和文字符号。

(2) 熟悉刀开关、负荷开关、组合开关的常用型号、用途、注意事项。

(3) 熟练掌握刀开关、负荷开关、组合开关的拆装及维修方法。

### 二、活动内容

#### 1. 刀开关

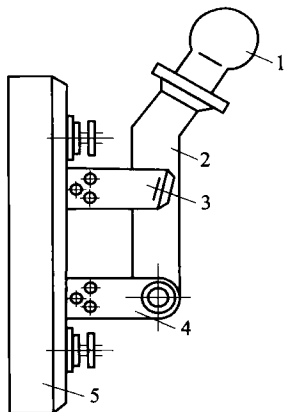
刀开关又称闸刀开关或隔离开关，它是手控电器中最简单而使用又较广泛的一种



低压电器。刀开关在电路中的作用是：隔离电源，以确保电路和设备维修的安全；分断负载，如不频繁地接通和分断容量不大的低压电路或直接启动小容量电机。按结构刀开关可分为普通开启式刀开关和熔断器式刀开关两种。

### 1) 刀开关的结构

刀开关的典型结构如图 1-7 所示，它由手柄、触刀、静插座、铰链支座和底板组成。



1—手柄；2—触刀；3—静插座；  
4—铰链支座；5—绝缘底板

图 1-7 刀开关典型结构

### 2) 刀开关的常用型号及用途

(1) 对于普通开启式刀开关，按极数分为单极、双极和三极；按操作方式分为直接手柄操作式、杠杆操作机构式和电动操作机构式；按转换方向分为单投和双投等，其型号有 HD(单投)和 HS(双投)等系列。其中，HD 系列刀开关即 HD 系列刀形隔离器，而 HS 系列为双投刀形转换开关。在 HD 系列中，常用的老型号刀开关有 HD11、HD12、HD13、HD14 系列，而新型号有 HD17 系列等。对于新老型号来说，其结构和功能基本相同。机床上常用的三极刀开关允许长期通过的电流有 100 A、200 A、400 A、600 A、1000 A 五种。

HD 系列刀开关、HS 系列刀形转换开关主要用于交流 380 V、50 Hz 电力网中隔离电源或电流转换，是电力网中必不可少的电器元件，常用于各种低压配电柜、配电箱和照明箱中。

在低压电气控制线路中，电源之后的开关电器依次是刀开关、熔断器、断路器、接触器等其他电器元件，这样，当刀开关以下的某电器元件或线路出现故障时，可通过刀开关切断电源，以便对其下设的设备、电器元件进行故障处理或更换。HS 刀形转换开关主要用于转换电源，即当一路电源出现故障或进行检修而需由另一路电源供电时，就由它进行转换。当转换开关处于中间位置时，可以起隔离作用。

为了使用方便和减小体积，可在刀开关上安装熔丝或熔断器，组成兼有通断电路和保护作用的开关电器，如胶盖刀开关、熔断器式刀开关等。

(2) 熔断器式刀开关即熔断器式隔离开关，是以熔断体或带有熔断体的载熔件作为动触点的一种隔离开关。其常用的型号有 HR3、HR5、HR6 系列。其中，HR5 和 HR6 系列主要用于交流额定电压 660 V(45~62 Hz)，额定发热电流至 630 A 的具有高短路电流的配电电路