

21世纪全国高职高专机电系列技能型规划教材



机床电气控制与维修

主 编 崔兴艳 庞文燕
主 审 李 军

- 以机床电气控制与维修为主线讲述，融入职业资格考试内容
- 以真实的工作项目为载体，体现“教、学、做”一体化理念
- 着重培养机床电气设备安装、调试、维护和维修的基本技能



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



机床电气控制与维修

主 编 崔兴艳 庞文燕
副主编 肖迎俊 王 强
主 审 李 军



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书依据教育部高职高专教学改革精神,紧扣高技能型人才培养需求编写而成。本书紧密结合实际应用安排教学内容,以机床电气控制与维修为主线,以真实的项目为载体,着重培养学生机床电气设备安装、调试、维护和维修的基本技术技能,并将团队合作精神和职业素养的培养贯穿始终。本书系统完整,实用、操作性强。

本书内容分为上、下两篇。上篇为机床电气控制基本环节,共有4个项目,即三相异步电动机单向运行控制电路板的制作、三相异步电动机正反转控制电路板的制作、三相异步电动机降压启动控制电路板的制作、三相异步电动机制动控制电路板的制作;下篇为典型机床电气控制与维修,共含5个项目,即车床电气控制与维修、磨床电气控制与维修、铣床电气控制与维修、钻床电气控制与维修、20/5t 桥式起重机电气控制与维修。

本书可作为高职高专电气自动技术专业、机电一体化专业及相关专业的教材,也可作为岗位培训和工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机床电气控制与维修/崔兴艳, 庞文燕主编. —北京: 北京大学出版社, 2013.7

(21 世纪全国高职高专机电系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-22632-2

I. ①机… II. ①崔…②庞… III. ①机床—电气控制系统—维修—高等职业教育—教材 IV. ①TG502.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 124162 号

书 名: 机床电气控制与维修

著作责任者: 崔兴艳 庞文燕 主编

策 划 编 辑: 张永见

责 任 编 辑: 张永见

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-22632-2/TH · 0351

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 邮编: 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 涿州市星河印刷有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 330 千字

2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

随着社会对高等职业教育高技能型人才需求的不断增长，高等职业教育教学改革不断深化，建设具有特色的高职教材已成为当前高等职业院校教学中的重要内容。

本书以电气自动化技术和机电一体化技术职业岗位需求为导向，借鉴了新加坡教学工厂职业教育理念，融入了职业资格考试的内容，本着“学生主体、工学结合、项目驱动、行动导向”的开发思路，本书用机床电气控制与维修中九个真实工作项目为载体，以行动导向教学法为依托，将“资讯、计划、决策、实施、检查、评估”六步教学法贯穿教材始终。

本书适用于“教、学、做”一体化教学形式，在使用过程中可根据专业和教学条件适当对内容进行取舍。

本书由哈尔滨职业技术学院崔兴艳、庞文燕任主编，哈尔滨职业技术学院肖迎俊和哈尔滨东安志阳汽车电气股份有限公司王强任副主编。具体分工是：崔兴艳编写了下篇的项目五、项目七和项目九；庞文燕编写了上篇的项目一和项目三；肖迎俊编写了上篇的项目四和下篇的项目八；王强编写了上篇的项目二和下篇的项目六；全书由崔兴艳、庞文燕统稿。

本书由李军主审，并提出了许多宝贵建议，在此表示衷心的感谢。在编写过程中，哈尔滨九洲电气有限公司王树庆、浙江求是教学仪器有限公司陈西玉等专家提出了许多宝贵的意见，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2013年3月

目 录

上篇 机床电气控制基本环节

项目一 三相异步电动机单向运行控制 电路板的制作..... 3

任务一 初步认识低压电器..... 4

一、低压电器的分类..... 4

二、电磁式低压电器的基本结构..... 5

三、低压电器的主要技术参数..... 10

四、常用低压电器..... 10

任务二 电气控制电路图的绘制原则..... 36

一、控制电路的原理图的绘制和 分析..... 36

二、电气元器件布置图的绘制和 分析..... 38

三、电气元器件安装接线图的绘制 原则及分析..... 38

任务三 三相异步电动机单向运行控制 电路安装、接线及运行调试..... 39

一、三相笼型异步电动机单向运行 控制电路的组成及工作原理..... 39

二、三相异步电动机单向运行控制 电路元器件安装、布线及调试... 41

三、考核..... 45

项目小结..... 46

习题..... 47

项目二 三相异步电动机正反转控制 电路板的制作..... 49

任务一 行程开关..... 50

一、初步认识行程开关..... 50

二、行程开关的电气符号..... 52

三、行程开关的选用原则..... 52

任务二 三相异步电动机正反转控制电路 的工作原理..... 52

一、两个接触器自锁控制正反转电路 的组成及工作原理..... 52

二、接触器互锁正反转控制电路的 组成及工作原理..... 53

三、双重联锁正、反转控制电路的 组成及工作原理..... 54

任务三 三相异步电动机正反转控制电路 安装、接线及运行调试..... 55

一、元器件布置图和电气安装接线图 的绘制..... 55

二、训练工具、仪表及器材..... 56

三、安装步骤及工艺要求..... 58

四、考核..... 59

项目小结..... 61

习题..... 61

项目三 三相异步电动机降压起动控制 电路板的制作..... 63

任务一 初步认识时间继电器..... 64

一、时间继电器的结构组成及 工作原理..... 64

二、时间继电器的图形符号和 文字符号..... 71

三、时间继电器检测..... 71

四、时间继电器的选择..... 72

五、时间继电器的常见故障分析..... 73

任务二 三相异步电动机降压起动 控制电路的工作原理..... 73

一、三相异步电动机定子绕组串电阻 降压起动控制电路工作原理..... 73

二、三相笼型异步电动机星形—三角形 降压起动控制电路工作原理..... 75

三、自耦变压器降压起动控制电路 工作原理..... 78

四、延边三角形减压起动	
控制电路	80
五、各种三相异步电动机减压起动	
方法的比较	81
任务三 三相异步电动机星形—三角形	
降压起动控制电路安装、接线及	
运行调试	81
一、三相异步电动机星形—三角形	
降压起动控制电路电气图绘制 ...	81
二、三相异步电动机星形—三角形	
降压起动控制电路板的制作	82
三、故障设置与检修训练	83
四、考核	84
项目小结	88
习题	89

项目四 三相异步电动机制动控制

电路板的制作	90
任务一 初步认识速度继电器	91
一、速度继电器工作原理	91
二、速度继电器的图形、文字符号 ...	92
任务二 三相异步电动机制动控制电路的	
工作原理	92
一、三相笼型异步电动机反接制动	
控制电路	93
二、三相异步电动机能耗制动	
控制电路	95
三、反接制动与能耗制动的比较	97
任务三 三相异步电动机制动控制	
电路安装、接线及运行调试	97
一、安装前的准备	97
二、元器件检查及安装	98
三、布线	99
四、检查	99
五、通电调试	100
六、考核	100
项目小结	104
习题	104

下篇 典型机床电气控制与维修

项目五 车床电气控制与维修

任务一 初步认识车床	108
一、车床的用途	108
二、车床的结构及运动形式	109
三、对电力拖动和控制的要求	109
任务二 CA6140 型车床的电气控制工作	
原理分析	110
一、机床电气原理图的识读	110
二、车床的电气控制电路原理图绘制	
原则	111
三、CA6140 型普通车床的电气控制	
电路原理及分析	111
任务三 CA6140 型车床的电气控制电路板	
的制作	114
一、车床的电气控制电路电气元器件	
布置图的绘制	114
二、车床的电气控制电路电气元器件	
接线图的绘制	114
三、车床的电气控制电路板的	
制作	114
四、CA6140 型车床电气控制电路板	
制作考核要求及评分标准	116
任务四 CA6140 型车床的电气控制电路	
常见故障诊断与维修	117
一、机床电气设备故障维修的	
一般要求	117
二、机床电气设备维修的	
一般方法	117
三、CA6140 型车床控制电路常见	
故障检修	119
四、CA6140 型车床电气控制	
电路故障检修考核要求及	
评分标准	121
项目小结	124
习题	124

项目六 磨床电气控制与维修

任务一 初步认识磨床	127
------------------	-----



任务二 M7130 型卧轴矩台平面磨床的 电气控制工作原理分析	127	二、X62W 型卧式万能铣床工作原理 及分析	145
一、磨床电气控制电路原理路的 读图方法	127	任务三 X62W 型卧式万能铣床电气控制 电路板的制作	148
二、M7130 型卧轴矩台平面磨床的 电气控制电路原理分析	129	一、铣床的电气控制电路元器件 布置图的绘制	148
三、M7130 型卧轴矩台平面磨床 工作台的电磁工作原理	131	二、铣床的电气控制电路元器件 接线图的绘制	149
四、辅助电路	133	三、完成实际安装、接线、调试 运行	149
任务三 M7130 型卧轴矩台平面磨床的 电气控制电路板的制作	133	四、X62W 型卧式万能铣床电气 控制电路板制作考核要求及 评分标准	153
一、元器件布置图的绘制	133	任务四 X62W 型卧式万能铣床的电气 控制电路板的调试与故障诊断	153
二、磨床的电气控制电路元器件 接线图的绘制	133	一、检修所需工具和设备	153
三、安装、接线、调试运行	133	二、查找故障点的方法	153
四、M7130 型卧轴矩台平面磨床 电气控制电路板制作考核要求及 评分标准	136	三、X62W 型卧式万能铣床常见 电气故障诊断方法	155
任务四 M7130 型卧轴矩台平面磨床电气 控制电路板的调试与故障诊断 ..	137	四、故障设置	157
一、电磁磁盘没有吸力	137	五、X62W 型卧式万能铣床电气 控制电路故障检修考核要求 及评分标准	158
二、电磁吸盘吸力不足	137	项目小结	161
三、电磁吸盘退磁效果差,造成工件 难以取下	137	习题	161
四、平面磨床故障说明	137	项目八 钻床电气控制与维修	163
五、M7130 型卧轴矩台平面磨床 电气控制电路故障检修考核 要求及评分标准	138	任务一 认知钻床及用途	164
项目小结	139	一、钻床的用途	164
习题	139	二、Z3040 型摇臂钻床结构、运动 形式及机械与电气的配合	165
项目七 铣床电气控制与维修	141	三、电力拖动特点及控制要求	166
任务一 初步认识铣床	142	任务二 Z3040 型摇臂钻床的电气控制 工作原理分析	166
一、铣床的用途	142	一、电气控制电路分析的内容	166
二、运动形式	143	二、Z3040 型摇臂钻床工作原理及 分析	166
任务二 X62W 型卧式万能铣床的 电气控制工作原理分析	144	任务三 Z3040 型摇臂钻床的电气控制 电路板的制作	169
一、X62W 型卧式万能铣床的 电气控制电路的读图方法	144		

一、Z3040 型摇臂钻床的电气控制 电路元器件布置图的绘制	169	二、凸轮控制器控制的小车移行 机构控制电路	188
二、Z3040 型摇臂钻床的电气控制 电路元器件接线图的绘制	169	三、凸轮控制器控制的大车移行 机构和副钩控制电路	191
三、完成实际安装、接线、调试 运行	169	四、主钩升降机构的控制电路	191
任务四 Z3040 型摇臂钻床的电气控制 电路板的调试与故障诊断	172	五、起重机的保护	195
一、故障检修所需工具和设备	172	六、起重机的供电	198
二、Z3040 型摇臂钻床常见故障	173	七、总体控制电路	199
三、实训设备故障现象设置	174	任务三 桥式起重机中绕线式异步 电动机转子绕组串电阻起动 电气控制电路板的制作	200
四、Z3040 型摇臂钻床的电气控制 电路板制作考核要求及 评分标准	175	一、绕线式异步电动机转子绕组串 电阻起动电气控制元器件 布置图的绘制	200
五、Z3040 型摇臂钻床的电气控制 电路故障检修考核要求及 评分标准	175	二、绕线式异步电动机转子绕组串 电阻起动电气控制元器件 接线图的绘制	200
项目小结	176	三、完成实际安装、接线、调试 运行	201
习题	176	四、桥式起重机转子绕组串电阻 起动电气控制电路板制作 考核要求及评分标准	204
项目九 20/5t 桥式起重机电气控制与 维修	179	任务四 20/5t 桥式起重机中绕线式异步 电动机的电气控制电路板的 调试与故障诊断	205
任务一 初步认识起重机	180	一、故障检修所需工具和设备	205
一、起重机的用途	180	二、故障检修常用方法	205
二、桥式起重机的主要技术参数	180	三、故障设置	207
三、桥式起重机的结构	182	四、桥式起重机电气控制电路故障 检修考核要求及评分标准	208
四、桥式起重机对电力拖动的 要求	184	项目小结	218
五、桥式起重机电动机的 工作状态	185	习题	218
任务二 20/5t 桥式起重机的电气控制 工作原理分析	187	参考文献	221
一、凸轮控制器的结构及 控制原理	187		



上 篇

机床电气控制基本环节

“机床电气控制基本环节”通过三相异步电动机单向运行控制电路板的制作、三相异步电动机正反转控制电路板的制作、三相异步电动机降压启动控制电路板的制作和三相异步电动机制动控制电路板的制作来介绍机床电气控制基本环节的相关知识,包括绘制控制电路板的安装接线图,制定控制电路板安装和调试计划,通过对所设计方案的决策,制定出满足控制要求的合理的计划和方案,选择合适的器件和线材,准备工具和耗材,安装和制作控制电路并进行调试,调试成功后进行综合评价。

机床电气控制基本环节的具体任务为:选择元器件和导线及耗材、绘制元器件布置图和安装接线图、检测和安装元器件、布线、调试并排除故障和带负载调试。

通过本篇的学习可以达到如下要求。

- (1) 认识低压配电电器、低压控制电器、低压主令电器、低压保护电器、低压执行电器。
- (2) 掌握三相异步电动机点动、自锁、正反转、降压启动、制动控制电路的原理。
- (3) 熟练掌握绘制电动机点动、自锁、正反转、降压启动控制电路的电气系统图的原则。
- (4) 能够合理制订工作计划并选择优秀的方案。
- (5) 能够根据控制要求选择合适的电气元器件并进行检验。
- (6) 能够按照工艺要求进行正确布线。
- (7) 具有初步的电气控制电路调试与故障诊断能力。

(8) 培养良好的职业习惯,包括以下几方面:①工具摆放合理,操作完毕后及时清理工作台,并填写使用记录;②提高团队合作能力与交流表达能力;③提高查阅资料和信息处理的能力,最终提高解决问题的能力。

在生产和实际生活中,有很多部件的运动都是由电动机拖动的,也就是说生产机械运动部件的各种运动都是通过电动机的各种转动实现的,如鼓风机的运动、运料小车的往复运动、电梯的上升和下降等,因此控制电动机间接地实现了对生产机械的控制。由于生产机械的各种运动形式不同,因而对电动机要采用不同的电气控制方式。图1为电动机拖动运料小车控制的实例。下面首先介绍如何对电动机进行电气控制,然后介绍如何制作各种电气控制板。

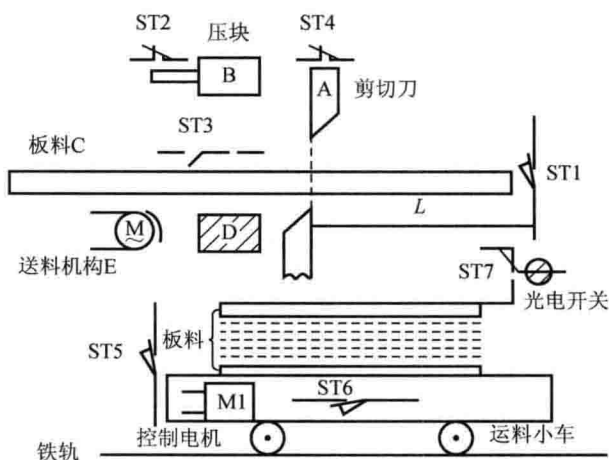


图1 电动机拖动运料小车控制的实例

项目一

三相异步电动机单向运行控制电路板的制作

在本项目中，首先明确三相异步电动机单向运行控制电路板制作的任务，接着学习低压电器结构组成及工作原理，点动和自锁控制电路的工作原理，然后进行电气系统图的绘制、元器件选择、安装及布线，最后进行电气控制板的检查与调试。通过本项目的学习应该达到的学习目标如下。

项目目标

知识目标	(1) 掌握低压电器的概念、结构组成、工作原理及选用的原则 (2) 掌握低压电器元器件的文字、图形符号及电路图识读 (3) 熟练掌握三相异步电动机单向运行的工作原理 (4) 了解点动和自锁的概念，及其在控制电路中的应用
能力目标	(1) 根据使用场合合理选用低压电器元器件 (2) 正确应用常用的电工工具完成低压电器元器件的安装 (3) 绘制电气原理图、元器件布置图及安装接线图 (4) 查找、排除故障 (5) 按图接线

重难点提示

重 点	三相异步电动机自锁控制电路的工作原理
难 点	按接线原理图接成三相异步电动机自锁控制电路板；完成实际安装、接线、调试运行

项目导入

三相异步电动机的单向运行控制在生产中应用最广泛，电动机单向运行控制的原理及安装与维修技能是维修电工必须掌握的基础知识和基本技能。下面通过点动控制、连续运行的两个具体电路来介绍单向运行控制电路。图 1.1 为三相异步电动机单向运行控制电路配电盘。

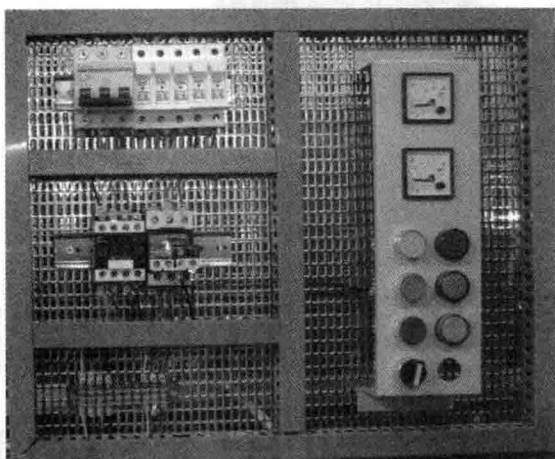


图 1.1 三相异步电动机单向运行控制电路配电盘

任务一 初步认识低压电器

在我国的经济建设和人民生活中，电能的应用越来越广泛。要实现工业、农业、国防和科学技术的现代化，就更离不开电气化。电器就是广义的电气设备。电路中电器是一种能够根据外界信号的要求，自动或手动地接通或断开电路，断续或连续地改变电路参数，实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节作用的电气设备。简言之，电器就是一种能够控制电的工具。从生产或使用的角度来看，电器可分为高压电器和低压电器两大类。我国的现行标准是将工作在交流额定电压 1 200V 以下、直流额定电压 1 500V 以下的电气线路中的电气设备称为低压电器。低压电器的种类繁多，按其结构、用途及所控制的对象的不同，可以采用不同的分类方式，以下介绍 4 种分类方式。

一、低压电器的分类

1. 按用途和控制对象分

按用途和控制对象的不同，可将低压电器分为低压配电电器和低压控制电器。

1) 低压配电电器

低压配电电器用在低压电力网中，主要用于低压配电系统，在系统发生故障时保证动作准确、工作可靠，在规定条件下具有相应的动稳定性与热稳定性，使电器不会被损坏。这类电器包括刀开关、转换开关、空气断路器和熔断器等。对低压配电电器的主要技术要求是断流能力强，限流效果好。

2) 低压控制电器

低压控制电器用在电力拖动及自动控制系统中，包括接触器、启动器和各种控制继电器、主令控制器和万能转换开关等。对低压控制电器的主要技术要求是操作频率高、寿命长、体积小、重量轻、动作迅速与准确、性能可靠，有相应的转换能力。

2. 按操作方式分

按操作方式的不同，可将低压电器分为自动电器和手动电器。



自动电器是通过电磁做功来完成接通、分断、起动、反向和停止等动作的电器。常用的自动电器有接触器、继电器等。

手动电器是通过人力做功来完成接通、分断、起动、反向和停止等动作的电器。常用的手动电器有刀开关、转换开关和主令电器等。

3. 按工作原理分

按工作原理的不同,可将低压电器分为电磁式电器和非电量控制电器。

电磁式电器是根据电磁感应原理来工作的电器,如接触器、各类电磁式继电器、电磁铁等。

非电量控制电器是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器,如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器等。

4. 按执行功能分

按执行功能的不同,可将低压电器分为有触点电器和无触点电器。

有触点电器有可分离的动触点、静触点,并利用触点的接通和分断来切换电路,如接触器、刀开关、按钮等。

无触点电器没有可分离的触点,主要利用电子元器件的开关效应,即导通和截止来实现电路的通、断控制,如接近开关、电子式时间继电器等。

另外,低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等几类。对应于不同类型低压电器的防护形式,对其耐潮湿、耐腐蚀、抗冲击等性能的要求是不同的。

低压电器种类繁多,在实际生产中应用较多的是电磁式低压电器,本书中重点介绍电磁式低压电器的结构和应用。

二、电磁式低压电器的基本结构

各种电磁式电器在工作原理和结构上基本相同。从结构上看,低压电器大都由两个主要部分组成,即感测部分和执行部分。感测部分接收外界输入的信号,并通过转换、放大、判断,做出有规律的反应;而执行部分根据指令信号,输出相应的指令,执行电路的通、断控制,实现控制目的。对于电磁式电器,感测部分由电磁机构组成,而执行部分由触点系统构成。

1. 电磁机构

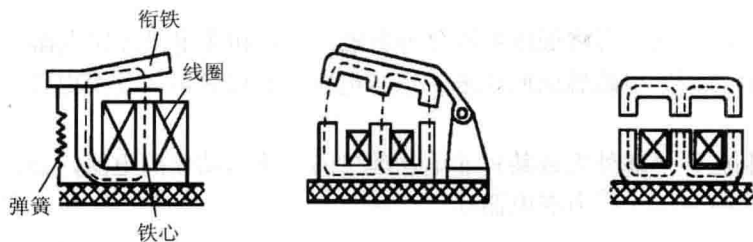
电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能量,带动触头动作,从而接通或分断电路。

1) 电磁机构的组成

电磁机构由吸引线圈、铁心(静铁心)、衔铁(动铁心)和空气隙等部分组成。其中吸引线圈、铁心是静止不动的,只有衔铁是可动的。其作用原理是:当线圈中有电流通过时,产生电磁吸力,电磁吸力克服弹簧的反作用力,使衔铁与铁心闭合,衔铁带动连接机构运动,从而带动相应的触点动作,完成对电路的接通与分断控制。

2) 电磁机构的形式

常用的电磁机构可分为 3 种形式, 如图 1.2 所示。衔铁绕棱角转动的拍合式铁心如图 1.2(a)所示, 这种形式被广泛应用于直流电器中; 衔铁绕轴转动的拍合式铁心如图 1.2(b)所示, 其铁心形状有 E 形和 U 形两种, 此种结构多用于触点容量较大的交流电器中; 衔铁沿直线运动的双 E 型直动式铁心如图 1.2(c)所示, 此种结构多用于交流接触器、继电器中。



(a) 衔铁绕棱角转动拍合式 (b) 衔铁绕轴转动拍合式 (c) 衔铁沿直线运动直动式

图 1.2 常用的电磁机构结构

3) 电磁机构的分类

电磁机构按吸引线圈所通电流性质的不同, 可分为直流电磁机构和交流电磁机构。

直流电磁铁由于通入的是直流电, 其铁心不发热, 只有线圈发热, 因此, 线圈与铁心接触有利于散热, 线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型, 可以改善线圈自身的散热性。铁心和衔铁由软钢和工程纯铁制成。

交流电磁铁由于通入的是交流电, 铁心中存在磁滞损耗和涡流损耗, 这样会使线圈和铁心都发热, 因此, 交流电磁铁的吸引线圈设有骨架, 使铁心与线圈隔离并将线圈制成短而厚的矮胖型, 所以线圈匝数少, 这样有利于铁心和线圈的散热。铁心用硅钢片叠加而成, 以减小涡流损耗。

电磁铁工作时, 线圈产生的磁通作用于衔铁, 产生电磁吸力, 并使衔铁产生机械位移。衔铁在复位弹簧的作用下复位。因此, 作用在衔铁上的力有两个: 电磁吸力与反力。电磁吸力由电磁机构产生, 反力则由复位弹簧和触头弹簧产生。铁心吸合时要求电磁吸力大于反力, 即衔铁位移的方向与电磁吸力方向相同; 衔铁复位时要求反力大于电磁吸力。直流电磁铁的电磁吸力公式为

$$F = 4B^2S \times 10^5 \quad (1-1)$$

式中 F ——电磁吸力(单位: N);

B ——气隙磁感应强度(单位: T);

S ——磁极截面面积(单位: m^2)。

由式(1-1)可知: 当线圈中通以直流电时, B 不变, F 为恒值; 当线圈中通以交流电时, 磁感应强度为交变量, 即

$$B = B_m \sin \omega t \quad (1-2)$$

由式(1-1)和式(1-2)可得

$$\begin{aligned} F &= 4B^2S \times 10^5 \\ &= 4S \times 10^5 B_m^2 \sin^2 \omega t \\ &= 2 B_m^2 S (1 - \cos 2\omega t) \times 10^5 \\ &= 2 B_m^2 S \times 10^5 - 2 B_m^2 S \times 10^5 \cos 2\omega t \end{aligned} \quad (1-3)$$



由式(1-3)可知,交流电磁铁的电磁吸力在 0(最小值)~ F_m (最大值)之间变化。在一个周期内,当电磁吸力的瞬时值大于反力时,铁心吸合;当电磁吸力的瞬时值小于反力时,铁心释放。当电源电压变化一个周期时,电磁铁吸合两次、释放两次,使电磁机构产生剧烈的振动和噪声,因而不能正常工作。



特别提示

为了消除交流电磁铁产生的振动和噪声,可在铁心的端面开一小槽,在槽内嵌入铜制短路环,如图 1.3 所示。加上短路环后,由于电磁吸力与磁通的平方成正比,因此由两相磁通产生的合成电磁吸力较为平坦,在电磁铁通电期间电磁吸力始终大于反力,使铁心牢牢吸合,从而可消除振动和噪声。

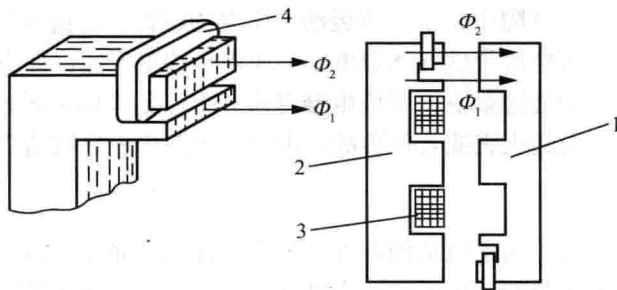


图 1.3 交流电磁铁短路环

1—衔铁; 2—铁心; 3—线圈; 4—短路环

2. 触点系统

触点是电器的执行部分,起接通和分断电路的作用。触点通常用铜制成。由于铜制的触点表面易产生氧化膜,使触点的接触电阻增大,从而使触点的损耗也增大,易使触点发热导致温度升高,从而使触点易产生熔焊现象,影响工作的可靠性同时降低触点的使用寿命。接触电阻不仅与触点的接触形式有关,而且与接触压力、触点材料及触点表面状况有关。因此,有些小容量电器的触点采用银质材料,以减小接触电阻。因为银的氧化膜电阻率与纯银相似,所以能够避免触点表面氧化膜电阻率增大而造成触点接触不良。另外,材料的电阻系数越小,接触电阻也越小。在金属中银的电阻系数最小,但银比铜价格贵,在实际生产中常在铜触点的表面镀银,以减小接触电阻。

触点主要有两种结构形式:桥式触点和指形触点,如图 1.4 所示。

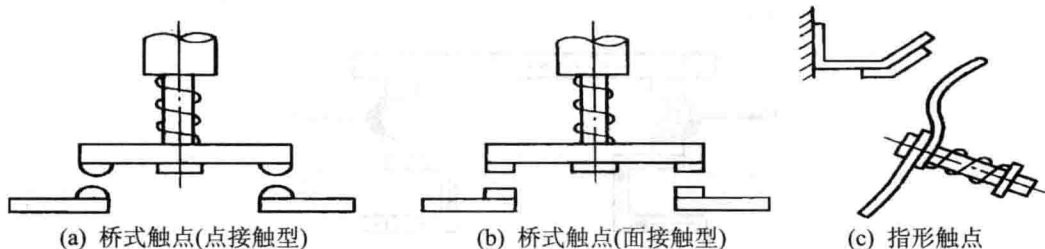


图 1.4 触点的结构形式

桥式触点的两个触点串于同一条电路中,电路的通断由两个触点共同完成。桥式触点多为面接触,常用于大容量电器中。

指形接触的接触区为一直线，触点接通或分断时将产生滚动摩擦，有利于去掉氧化膜，同时也可以缓冲触点闭合时的撞击能量，改善触点的电气性能。

为了使触点接触得更紧密，以减小接触电阻，并消除开始接触时产生的振动，可在触点上安装接触弹簧。

3. 电弧的产生

当触点切断电路时，如果电路中的电压超过 $10\sim 20\text{V}$ 且电流超过 $80\sim 100\text{mA}$ ，在拉开的两个触点之间将出现强烈的火花，这实际上是一种气体放电的现象，通常称为“电弧”。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，具有导电性。

电弧形成的过程是：当触点间刚出现断口时，触点间的距离极小，电场强度极大，在高热和强电场的作用下，气隙中电子高速运动产生碰撞游离，在游离因素的作用下，触点间的气隙中会产生大量带电粒子使气体导电，形成炽热的电子流，即电弧。

电弧的产生一方面会烧蚀触点，降低电器寿命和电器工作的可靠性；另一方面会使分断时间延长，严重时会引起火灾或其他事故，因此在电路中应采取适当措施熄灭电弧。

4. 灭弧装置

在大气中分断电路时，由于电场的存在，触点表面的大量电子溢出会产生电弧，电弧一经产生，就会产生大量热能。电弧的存在既烧蚀了触头的金属表面，降低了电器的使用寿命，又延长了电路的分断时间，所以必须把电弧熄灭。

为了使电弧熄灭，可采用将电弧拉长、使弧柱冷却、把电弧分成若干短弧等方法。灭弧装置就是基于这些原理来设计的。常用的灭弧装置有电动力灭弧、磁吹灭弧、金属栅片灭弧和灭弧罩灭弧。根据电流性质的不同，将电弧分为直流电弧和交流电弧。由于交流电弧有自然过零点，所以容易被熄灭；而直流电弧则不易熄灭。

在低压电器灭弧中，为了使电弧熄灭，可采用将电弧拉长、使弧柱冷却、把电弧分成若干短弧等方法。

1) 电动力灭弧

图 1.5 所示是一种桥式结构的双断口触点系统的电动力灭弧原理。当触点分断时，在断口处将产生电弧。电弧电流在两电弧之间产生如图 1.5 中所示的磁场。根据左手定则，电弧电流要受到一个指向外侧的电动力 F 的作用，使电弧向外运动并拉长，同时也使电弧温度降低，有助于熄灭电弧。

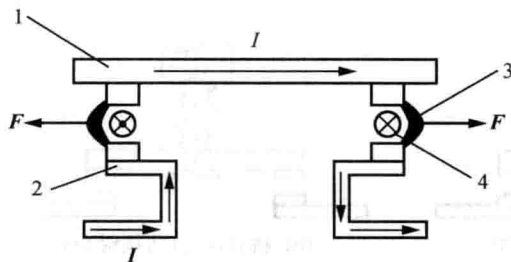


图 1.5 电动力灭弧原理

1—静触点；2—动触点；3—电弧；4—弧区磁场方向



这种灭弧方法简单, 无需专门的灭弧装置, 一般用于接触器等交流电器。当交流电弧电流过零时, 触点间隙的介质强度迅速恢复, 将电弧熄灭。

2) 磁吹灭弧

磁吹灭弧的原理如图 1.6 所示, 在触头电路中串入一个磁吹线圈, 该线圈产生的磁通经过导磁夹板引向触头周围。由图 1.6 可见, 在弧柱下方, 两个磁通是相加的, 而在弧柱上方是彼此相减的, 因此, 在下强上弱的磁场作用下, 电弧被拉长并吹入灭弧罩中。引弧角与静触点相连接, 其作用是引导电弧向上运动, 将热量传递给罩壁, 使电弧冷却熄灭。

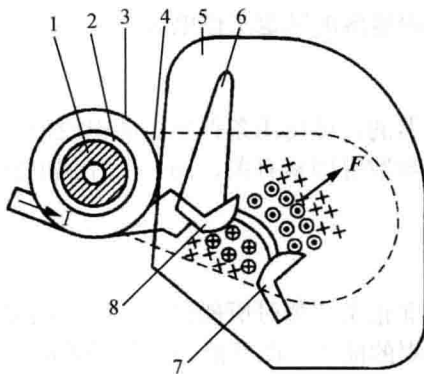


图 1.6 磁吹灭弧原理示意图

1—铁心; 2—绝缘套; 3—磁吹线圈; 4—导磁夹板; 5—灭弧罩; 6—引弧角; 7—动触点; 8—静触点

该灭弧装置是利用电弧电流本身灭弧的, 因而电弧电流越大, 吹弧能力越强。它被广泛应用于直流接触器中。

3) 金属栅片灭弧

图 1.7 所示为金属栅片灭弧装置示意图。灭弧栅片是由多片镀铜薄钢片(称为栅片)组成的, 它们被安放在电器触点上方的灭弧栅内, 彼此之间互相绝缘。当电器的触点分离时, 所产生的电弧在吹磁电动力的作用下被推向灭弧栅内。当电弧进入栅片后被分割成一段段串联的短弧, 而栅片就是这些短弧的电极。每两片灭弧栅片之间都有 150~250V 的绝缘强度, 使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强, 以致外加电压无法维持, 电弧迅速熄灭。除此之外, 栅片还能吸收电弧热量, 使电弧冷却。基于上述原因, 电弧进入栅片后会很快熄灭。由于栅片灭弧装置的灭弧效果在交流时要比直流时强得多, 因此在交流电器中常采用栅片灭弧。

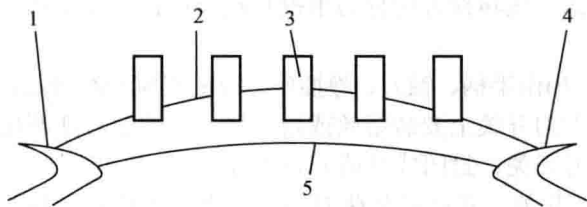


图 1.7 金属栅片灭弧原理示意图

1—静触点; 2—短电弧; 3—灭弧栅片; 4—动触点; 5—长电弧