

从零开始学电子技术丛书

从零开始学

电动机控制与维修技术

刘建清 主编
刘为国 周娟 李雨 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press



责任编辑：杨星豪 xhyang@ndip.cn
文字编辑：李 华
责任校对：钱辉玲
封面设计：王晓军 xjwang@ndip.cn

从**零**开始学电子技术丛书

从零开始学电路仿真Multisim与电路设计Protel技术
从零开始学电气控制与PLC技术
从零开始学电子测量技术
从零开始学CPLD和Verilog HDL编程技术
从零开始学单片机C语言
从零开始学单片机技术
从零开始学电路基础
从零开始学电子元器件识别与检测技术
从零开始学电动机控制与维修技术
从零开始学模拟电子技术
从零开始学数字电子技术

◎ 上架建议：电子技术 ◎

<http://www.ndip.cn>

ISBN 7-118-04812-7



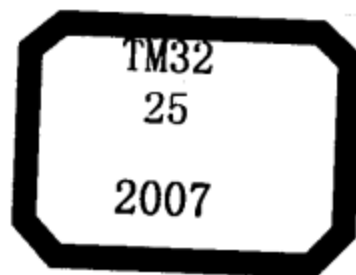
9 787118 048124 >

ISBN 7-118-04812-7/TM · 96

定价：25.00 元

2007

从零开始学电子技术丛书



从零开始学电动机控制 与维修技术

刘建清 主编
刘为国 周娟 李雨 编著

国防工业出版社

·北京·



内 容 简 介

本书定位于让初学者从零起步,轻松学会电动机控制及维修技术。

本书首先介绍电动机控制与维修所必须掌握的基础知识,然后重点介绍了各种电动机的结构、原理以及维修技术,并对电动机的基本控制电路及应用进行了系统介绍。

本书可供电气技术人员、电气工人、电动机维修人员、农村电工,以及无线电爱好者阅读,也可作为中专、中技以及维修短训班的培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

从零开始学电动机控制与维修技术/刘为国,周娟,
李雨编著. —北京:国防工业出版社,2007.1

(从零开始学电子技术丛书/刘建清主编)

ISBN 7-118-04812-7

I. 从... II. ①刘... ②周... ③李... III. ①电动机—控制系统②电动机—维修 IV. TM32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 119531 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15½ 字数 348 千字

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

丛书前言

我们所处的时代是一个知识爆炸的新时代。新产品、新技术层出不穷,电子技术的发展更是日新月异。可以毫不夸张地说,电子技术的应用无处不在,电子技术正在不断地改变着我们的生活,改变着我们的世界。

读者朋友:当你面对妙趣横生的电子世界发生兴趣时;当你彷徨于就业的关口,想成为电子产业中的一名员工时;当你跃跃欲试,想成为一名工厂的技术革新能手时;当你面对“无所不能”的“单片机”,梦想成为一名自动化高手时;当你的头脑里冒出那么多的奇思妙想,急于把它们应用于或转化为产品时……都是那么急切地想补充自己有关电子技术方面的知识,这时,你首先想到的是找一套适合自己学习的电子技术图书阅读。《从零开始学电子技术丛书》正是为了满足广大读者特别是电子爱好者的实际需要和零起点入门的阅读要求而编著的。

和其他电子技术类图书相比,本丛书具有以下特点:

内容全面,体系完备。本丛书给出了广大电子爱好者学习电子技术的全方位解决方案,既有初学者必须掌握的电路基础、模拟电路和数字电路等基础理论,又有电子元器件检测、电子测量仪器的使用、电路仿真与设计等操作性较强的内容,还有电气控制与PLC、单片机、CPLD等综合应用方面的知识,因此,本丛书内容翔实,覆盖面广。

通俗易懂、重点突出。传统的电子技术图书和教材在介绍电路基础和模拟电子技术等内容时,大都借助高等数学这一工具进行分析,这就给电子爱好者自学电子技术设置了一道门槛,使大多数电子爱好者失去了学习的热情和兴趣。本丛书在编写时,完全考虑到了初学者的需要,不涉及高等数学方面的公式,尽可能地把复杂的理论通俗化和实用化,将烦琐的公式简易化,再辅以简明的分析及典型的实例,从而形成了本丛书通俗易懂的特点。为了满足不同层次读者的需求,本丛书对难点和扩展知识用“*”进行了标注,初学者可跳过此内容。

实例典型,实践性强。本丛书最大程度地强调了实践性,书中给出的例子大都经过了验证,可以实现,并且具有代表性;本丛书的大多数分册都配有光盘,光盘中收录了书中的实例、常用软件、实验程序和大量珍贵资料,以方便读者学习和使用。

内容新颖,风格活泼。本丛书所介绍的都是电子爱好者最为关心并且在业界获得普遍认同的内容,本丛书的每一分册都各有侧重,又互相补充,论述时疏密结合,重点突出。对于重点、难点和容易混淆的知识,书中还特别进行了标注和提示。

把握新知,结合实际。电子技术发展日新月异,为适应时代的发展,本丛书还对电子技术的新知识做了详细的介绍;本丛书中涉及的应用实例都是编著者开发经验的提炼和总结,相信一定会给读者带来很大的帮助。在讲述电路基础、模拟和数字电子技术时,还

专门安排了计算机辅助软件的仿真实验,实验过程非常接近实际操作的效果,使电子技术的学习变得更为直观,使学习变得更加生动有趣,这可以加深读者对电路理论知识的认识。

总之,对于需要学习电子技术的电子爱好者而言,选择《从零开始学电子技术丛书》不失为一个好的选择。本丛书一定能给你耳目一新的感觉,当你认真阅读之后将会发现,无论是你所读的书,还是读完书的你,都有所不同。

感谢本丛书的策划者——电子科普领域中的知名专家、中国电子学会高级会员刘午平先生,他与我们共同交流,共同探讨,达成了共识,确立了写作方向,并为本丛书的编排、修改和出版做了大量卓有成效的工作,他以丰富的专业知识和认真、敬业的态度为我们所敬佩;感谢山东持恒开关厂总经理陈培军先生和山东金曼克电气集团设计处总工程师高广海先生,他们对本丛书的编写提出了很多建设性的意见和建议,为本丛书的许多实验提供了强有力的支持与帮助,并参与了部分图书的编写工作;感谢网络,本丛书的许多新知识、新内容都是我们通过网络而获得的,我们在写作过程中遇到的许多疑难问题也大都通过网络得以顺利解决,对于这么多乐于助人、无私奉献的站主和作者们,无法在此一一列举,只能道一声“谢谢了!”感谢众多电子报刊、杂志的编辑和作者,他们为本丛书提供了许多有新意、有实用价值的参考文献,使得这套丛书能够别出心裁、与时俱进;感谢国防工业出版社,能与国内一流的出版社合作,我们感到万分的荣幸;感谢其他对本丛书的出版付出过辛勤工作的人士,没有他们的热心与支持,本丛书不知何时才能与读者见面!

最后,祝愿本丛书的每一位读者在学习电子技术的过程中,扬起风帆,乘风破浪!

丛书编者



前 言

电动机是一种把电能转换成机械能的设备,它广泛应用于工农业生产、国防建设、科学研究和日常生活等各个方面。目前,在我国电网的总负荷中,电动机的用电量约占60%,充分说明电动机在我国国民经济生产和人们生活中所起的作用非同一般。为了使电动机维修和控制人员了解电动机的结构、控制与维修等方面的知识,我们根据积累的理论 and 实践经验,编写了这本书。

本书写作的出发点是不讲过深的理论知识,力求做到理论和实践相结合,循序渐进、由浅入深、通俗实用,以指导初学者快速入门。

按照结构清晰、层次分明的原则,本书可分为以下几部分:

第一部分为电动机控制与维修基本篇。主要包括本书的第一章。重点介绍了三个方面的内容:一是电动机的分类;二是常用低压电器;三是电动机维修基础。领会和掌握这些知识,对理解电动机控制系统及维修技术具有重要的指导作用。

第二部分为三相异步电动机篇。主要包括本书的第二章~第五章。重点介绍了三相异步电动机的结构、原理、维修和绕组的重绕技术,并对三相异步电动机的基本控制电路进行了系统分析。

第三部分为其他电动机篇。主要包括本书的第六章~第九章。重点介绍了单相异步电动机、单相串激电动机、直流电动机和常用控制电路的结构、原理以及基本维修知识。

本书具有较强的针对性和实用性,内容新颖、资料翔实、通俗易懂。

由于时间仓促,书中错漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作者



目 录

第一章 电动机控制与维修基础知识	1
第一节 电动机概述	1
一、电动机的分类.....	1
二、常用电动机简介.....	2
第二节 低压电器	3
一、开关.....	3
二、熔断器.....	8
三、按钮.....	11
四、位置开关.....	12
五、接触器.....	14
六、继电器.....	17
七、电磁铁.....	25
八、启动器.....	26
九、频敏变阻器.....	28
第三节 电动机维修基础知识	29
一、电动机常用维修仪表.....	29
二、电动机常用维修工具.....	31
三、电动机常用的材料.....	40
四、电动机故障维修方法.....	43
第二章 三相异步电动机的结构与原理	45
第一节 三相异步电动机的构造	45
一、定子.....	45
二、转子.....	46
三、气隙.....	48
四、鼠笼式三相异步电动机实物分解图.....	48
第二节 三相异步电动机的工作原理	51
一、旋转磁场的产生.....	52
二、电动机旋转方向的改变.....	53
三、三相异步电动机的极数与转速.....	53
第三节 三相异步电动机的铭牌数据	55
一、型号.....	56

二、额定电压 U_N	57
三、接法	57
四、额定电流 I_N	58
五、额定功率 P_N	58
六、额定效率	58
七、额定功率因数 $\cos\varphi_N$	58
八、额定频率 f_N	58
九、额定转速 n_N	58
十、运行方式	58
十一、绝缘等级	59
第四节 三相异步电动机的选择	59
一、功率的选择	59
二、种类的选择	59
三、结构形式的选择	60
四、转速的选择	60
五、电压的选择	60
*第五节 三相同步电动机简介	61
一、三相同步电动机的结构	61
二、三相同步电动机的基本工作原理	61
三、基本特性	62
四、三相同步电动机的启动与调速	62
第三章 三相异步电动机定子绕组的重绕	64
第一节 电动机绕组基本概念及构成原则	64
一、基本概念	64
二、三相绕组的构成原则	68
第二节 三相异步电动机绕组展开图	69
一、单层绕组	70
二、双层绕组	75
三、单双层混合绕组	79
* 四、分数槽绕组	80
第三节 三相异步电动机线圈的重绕	83
一、记录原始数据	83
二、拆除旧绕组	84
三、清理定子铁芯槽	85
四、准备漆包线	85
五、选择模具	86
六、绕制线圈	87

七、准备绝缘材料和制作槽楔	88
八、片嵌放线圈	88
九、接线	90
十、扎线	91
十一、浸漆和烘干	91
第四章 三相异步电动机故障维修	94
第一节 三相异步电动机的拆卸和装配	94
一、电动机的拆卸	94
二、电动机的装配	96
第二节 三相异步电动机故障维修	98
一、电气故障的检修	98
二、机械故障的检修	106
三、常见故障现象的处理方法	109
第三节 三相异步电动机修复后的检验	111
一、测定绝缘电阻	111
二、测定直流电阻	112
三、耐压试验	112
四、空载试验	112
五、匝间绝缘试验	113
六、短路试验	113
第四节 三相异步电动机的安装、接线与改装	113
一、三相异步电动机的安装	113
二、三相异步电动机的接线	115
三、三相电动机改发电机	116
第五章 三相异步电动机基本控制电路	117
第一节 三相异步电动机的启动控制	117
一、鼠笼异步电动机直接启动控制	117
二、鼠笼异步电动机降压启动控制	121
三、绕线式异步电动机启动控制	124
第二节 三相异步电动机的正反转控制	126
一、手动正反转控制	126
二、接触器互锁的正反转控制	127
三、按钮互锁正反转控制	128
四、接触器按钮双重互锁正反转控制	129
第三节 三相异步电动机的制动控制	130
一、机械制动控制	130
二、电气制动	131

第四节	三相交流异步电动机的调速	133
一、	变频调速	133
二、	变极调速	134
三、	改变转差率调速(用于绕线式电动机)	134
第五节	电动机控制系统的保护	135
一、	用电流型保护	135
二、	电压型保护	137
三、	断相保护	138
四、	温度保护	139
五、	漏电保护	140
六、	电动机常用保护电路分析	140
第六章	单相异步电动机原理与维修	143
第一节	单相异步电动机的原理与结构	143
一、	单相异步电动机的工作原理	143
二、	单相异步电动机的结构	145
第二节	单相异步电动机的启动方式	150
一、	分相式电动机	150
二、	罩极电动机	152
第三节	单相异步电动机的反转及调速	153
一、	单相异步电动机的反转方式	153
二、	单相异步电动机的调速	154
第四节	单相异步电动机的绕组展开图	156
一、	单层绕组	156
二、	双层绕组	160
三、	正弦绕组	161
第五节	单相异步电动机在家用电器中的应用	162
一、	洗衣机电动机	162
二、	电风扇电动机	166
第六节	单相异步电动机的维修	169
一、	电气故障的检修	169
二、	机械故障的检修	175
三、	分相式电动机常见故障的维修	175
四、	罩极电动机常见故障的维修	179
五、	单相异步电动机线圈的重绕	181
第七节	三相异步电动机改单相异步电动机的方法	182
一、	内改接法	182
二、	外接电容法	183

三、拉开式电容移相	184
四、电感电容移相法	185
第七章 单相串激电动机的原理与维修	186
第一节 单相串激电动机的工作原理	186
第二节 单相串激电动机的结构及特性	187
一、单相串激式电动机的结构	187
二、单相串激电动机的主要特性	188
第三节 单相串激电动机的反转及调速	189
一、单向串激电动机的反转	189
二、单向串激式电动机的调速	190
第四节 单相串激电动机绕组及接法	191
一、定子绕组的接法	191
二、电枢绕组的接法	192
三、定子激励绕组与电枢绕组的连接	192
第五节 单相串激式电动机的维修	194
一、定子绕组的修理	194
二、电枢绕组的修理	195
三、换向器与电刷的修理	203
第八章 直流电动机的原理与维修	204
第一节 直流电动机的构造和分类	204
一、直流电动机的结构	204
二、直流电动机的分类	206
三、直流电动机的型号和额定值	207
第二节 直流电动机的工作原理	208
一、直流电动机的基本工作原理	208
二、电枢电势与电磁转矩	209
第三节 直流电动机的机械特性	209
一、永磁式直流电动机的机械特性	210
二、他激和并激直流电动机的机械特性	210
三、串激式直流电动机的机械特性	210
第四节 直流电动机的启动、反转与调速	211
一、直流电动机的启动	211
二、直流电动机的反转	212
三、直流电动机的调速	212
第五节 小型直流电动机在家用电器上的应用	212
一、收录机直流电机的结构和分类	213
二、直流电机的稳速原理	213

三、直流电机的识别	215
四、直流电机的调速方法	215
第六节 直流电动机的维修	216
一、电枢绕组故障检修	216
二、激磁绕组故障检修	220
三、换向器故障检修	220
四、电刷与换向器接触不良	221
第九章 控制电机简介	223
第一节 步进电动机	223
一、步进电动机的分类	223
二、步进电动机的结构	223
三、步进电动机的工作原理	224
四、步进电动机的步距角和转速	225
五、步进电动机驱动电路	226
六、步进电动机的应用	231
第二节 微型同步电动机	232
一、永磁式微型同步电动机	232
二、反应式微型同步电动机	233
第三节 无刷直流电动机	233
参考文献	235



第一章 电动机控制与维修基础知识

本章主要阐述电动机控制与维修的基础知识,主要包括三个方面的内容:一是电动机的分类;二是常用低压电器;三是电动机维修基础。领会和掌握这些知识,对理解电动机控制系统及维修技术具有重要的指导作用。

第一节 电动机概述

电动机也称电机(俗称马达),在电路中用字母 M(旧标准用 D)表示。它的主要作用是将电能转换为机械能,产生驱动力矩,作为用电器或机械的动力源。

现代各种生产机械都广泛应用电动机来驱动,有的生产机械只装配一台电动机,有的需要好几台电动机。生产机械由电动机驱动,不但可以简化生产机械的结构,提高生产率和产品质量,而且还能实现自动控制和远距离操纵,减轻繁重的体力劳动。

一、电动机的分类

1. 按工作电源分类

根据电动机工作电源的不同,可分为直流电动机和交流电动机,其中交流电动机还分为单相电动机和三相电动机。

2. 按结构及工作原理分类

电动机按结构及工作原理可分为同步电动机和异步电动机。

同步电动机还可分为永磁同步电动机、磁阻同步电动机和磁滞同步电动机。

异步电动机可分为感应式电动机和交流换向式电动机。感应式电动机又分为三相异步电动机、单相异步电动机和罩极异步电动机。交流换向式电动机又分为单相串励电动机和交直流两用电动机。

重点提示 将导体闭合成回路,并把它放在通有交流电流的线圈附近,由于电磁感应作用,导体中会产生感应电流。根据感应电流的磁场与通电线圈的磁场相互作用而制作的电动机叫感应式电动机,由单相电源供电的,称为单相感应式电动机,由三相电源供电的,称为三相感应式电动机。

将导线与电池或其他电源组成一个回路,电源可直接向磁场中的导线供给电流。依此原理制作的电动机,其转子线圈由电源直接供电,通过电刷(碳刷)和换向器,将电流导入旋转的转子线圈中,这种电动机叫换向式电动机。

直流电动机按结构及工作原理可分为无刷直流电动机和有刷直流电动机。有刷直流电动机可分为电磁直流电动机和永磁直流电动机。电磁直流电动机又分为串励直流电动机、并励直流电动机、他励直流电动机和复励直流电动机。永磁直流电动机又分为稀土永

磁直流电动机、铁氧体永磁直流电动机和铝镍钴永磁直流电动机。

3. 按启动与运行方式分类

电动机按启动与运行方式可分为电容启动式电动机、电容运转式电动机、电容启动运转式电动机和分相式电动机。

4. 按用途分类

电动机按用途可分为驱动用电动机和控制用电动机。

驱动用电动机又分为电动工具(包括钻孔、抛光、磨光、开槽、切割、扩孔等工具)用电动机、家电(包括洗衣机、电风扇、电冰箱、空调器、录音机、录像机、影碟机、吸尘器、照相机、电吹风、电动剃须刀等)用电动机及其他通用小型机械设备(包括各种小型机床、小型机械、医疗器械、电子仪器等)用电动机。

控制用电动机又分为步进电动机和伺服电动机等。

5. 按转子的结构分类

电动机按转子的结构可分为鼠笼式感应电动机和绕线式感应电动机。

6. 按运转速度分类

电动机按运转速度可分为高速电动机、低速电动机、恒速电动机、调速电动机。

低速电动机又分为齿轮减速电动机、电磁减速电动机、力矩电动机和爪极同步电动机等。

调速电动机除可分为有级恒速电动机、无级恒速电动机、有级变速电动机和无极变速电动机外,还可分为电磁调速电动机、直流调速电动机、PWM 变频调速电动机和开关磁阻调速电动机。

二、常用电动机简介

下面简要介绍日常生活中常用的几种电动机。

1. 直流电动机

依靠直流电源运行的电动机称为直流电动机。在电动机的发展史上,直流电动机发明得较早,后来才出现了交流电动机,当发明了交流电以后,交流电动机才得到迅速发展。但是,由于直流电动机具有良好的启动和调速性能,永磁直流电动机还具有良好的运行特性。因而,直流电动机在便携式、特殊场合使用的或对电动机性能要求较高的家用电器上得到广泛应用。例如,录音机、录像机、电动剃须刀、电吹风、小型吸尘器、车船用电风扇、电动按摩器、电动玩具等都以直流电动机为动力源。

2. 异步电动机

运行时异步的电动机称为异步电动机,常用的异步电动机有三相异步电动机和单相异步电动机。

1) 三相异步电动机

三相异步电动机是应用最广泛的一种电动机。它与直流电动机、同步电动机不同,其转子绕组不需要与其他电源相连接,而定子绕组的电流则直接取自交流电网,所以三相异步电动机具有结构简单,制造、使用及维修方便,运行可靠,质量较小,成本较低等优点。此外,三相异步电动机具有较高的效率和较好的工作特性,能满足大多数机械设备的拖动要求,而且在其基本系列的基础上可以方便地导出各种派生系列,以适应各种使用条件。

三相异步电动机的分类特点如表 1-1 所列。

表 1-1 三相异步电动机的分类特点

分类形式	类别		
转子绕组形式	鼠笼式、绕线式		
型式	小型	中型	大型
中心高/mm	80~315	315~630	≥630
定子铁芯外径/mm	130~500	500~990	≥990
防护形式	开启式、防护式、封闭式		
安装结构形式	卧式、立式、		
绝缘等级	E级、B级、F级、H级		

2) 单相异步电动机

单相异步电动机通常只做成小型的,其容量从几瓦到几百瓦。由于只需单相交流 220V 电源,故使用方便、应用广泛,并且有结构简单、成本低廉、噪声小、对无线电系统干扰小等优点,因而多用在小型动力机械和家用电器等设备上,如电钻、小型鼓风机、医疗器械、风扇、洗衣机、冰箱、冷冻机、空调机、抽油烟机、电影放映机及家用水泵等,是日常现代化设备必不可少的驱动源。在工业上,单相异步电动机也常用于通风与锅炉设备以及其他伺服机构上。

3. 同步电动机

运行时同步的电动机称为同步电动机。同步电动机主要用于功率较大、不需调速、长期工作的各种生产机械,如压缩机、水泵、通风机等。

第二节 低压电器

低压电器是指工作在直流 1200V、交流 1000V 以下的各种电器。低压电器是电动机控制系统的基本组成元件,控制系统的优劣与所用低压电器直接相关。下面简要介绍几种在电动机控制中常用的低压电器。

一、开关

低压电器的开关主要有刀开关、转换开关和自动空气开关。

刀开关和转换开关都是手动操作的低压电器,一般用于接通和分断低压配电电源和用电设备,也常用来直接启动小容量的异步电动机。自动空气开关不仅接通和断开电路,而且当电路发生过载、短路或失压等故障时,能自动跳闸,切断故障电路。

1. 刀开关

刀开关又名闸刀开关,主要由操作手柄、触刀、静插座和绝缘底板组成,依靠手动进行触刀插入插座与脱离插座的控制。为保证刀开关合闸时触刀与插座有良好的接触,触刀与插座之间应有一定的接触应力。

刀开关的种类很多,按刀的极数可分为单极、双极和三极;按刀的转换方向可分为单掷和双掷;按操作方式可分为直接手柄操作式和远距离连杆操纵式;按灭弧情况可分为有灭弧罩和无灭弧罩,等等;按封装方式可分为开启式和封闭式。

1) 开启式负荷开关

开启式负荷开关又称瓷底胶盖刀开关。图 1-1 为 HK 系列负荷开关结构图。

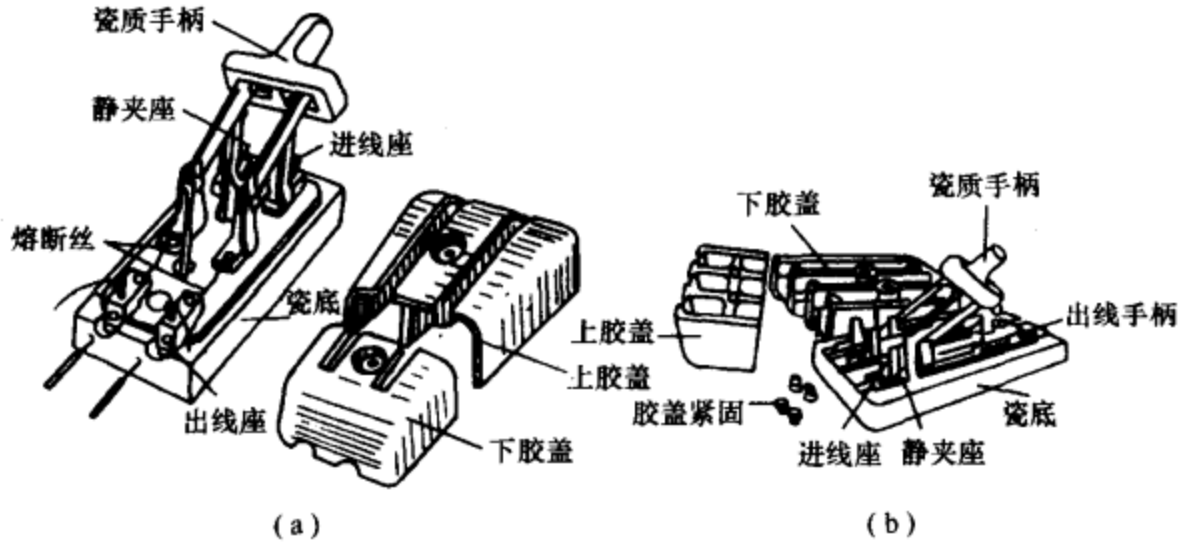
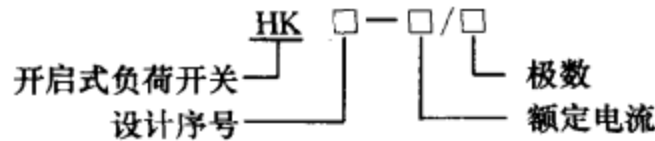


图 1-1 HK 系列负载开关

(a) 二极闸刀开关; (b) 三极闸刀开关。

HK 系列开关是由刀开关和熔断器组合而成的一种电器,装置在一块瓷底板上,上面覆盖胶盖以保证用电安全,其结构简单、操作方便。熔断丝熔断后,只要更换新熔断器仍可继续使用,运行安全可靠。HK 系列开关的型号与其含义如下:



HK 系列开启式负荷开关适用于交流 50Hz,单相 220V 或三相 380V,额定电流为 10A~100A 的电路中。由于结构简单,价格低廉,常用做照明电路的电源开关,也可用来控制 5.5kW 以下异步电动机的启动和停止。但这种开关没有专门的灭弧装置,不宜频繁地分、合电路。使用时要垂直地安装在开关板上,并使进线孔放在上方,这样才能保证更换熔断丝时不发生触电事故。

刀开关在电路中的符号如图 1-2 所示。



图 1-2 刀开关在电路中的符号

(a) 刀开关; (b) 带熔断器刀开关。

常用的 HK 系列负荷开关的主要技术数据见表 1-2。

2) 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关由触刀、熔断器、操作机构和铁外壳等构成。由于整个开关装于铁壳内,又称铁壳开关。铁壳开关的灭弧性能、操作及通断负载的能力和安全防护性能都优于 HK 系列胶盖瓷底刀开关,但其价格较 HK 系列胶盖瓷底刀开关高。图 1-3 所示为常用 HH 系列铁壳开关的结构与外形。

表 1-2 常用的 HK 系列负荷开关的主要技术数据

型号	极数	额定电压 /V	额定电流 /A	可控制电动机最大容量/kW		配用熔断丝线径 /mm
				220V	380V	
HK1-15/2	2	220	15	1.5		1.45~1.59
HK1-30/2	2	220	30	3.0		2.30~2.52
HK1-60/2	2	220	60	4.5		3.36~4.00
HK1-15/3	3	380	15		2.2	1.45~1.59
HK1-30/3	3	380	30		4.0	2.30~2.52
HK1-60/3	3	380	60		5.5	3.36~4.00
HK2-10/2	2	250	10	1.1		0.25
HK2-15/2	2	250	15	1.5		0.41
HK2-30/2	2	250	30	3.0		0.56
HK2-10/3	3	380	10		2.2	0.45
HK2-15/3	3	380	15		4.0	0.71
HK2-30/3	3	380	30		5.5	1.12

HH 系列铁壳开关主要由 U 形开关触刀、静夹座、瓷插式熔断器、速断弹簧、转轴、操作手柄、开关盖等组成。铁壳开关的操作机械与 HK 系列胶盖瓷底刀开关比较有两个特点：其一是采用了弹簧储能分合闸方式，其分合闸的速度与手柄的操作速度无关，从而提高了开关通断负载的能力，降低了触头系统的电气磨损，同时又延长了开关的使用寿命；其二是设有联锁装置，可保证开关在合闸状态开关盖不能开启，开关盖开启时又不能合闸。联锁装置的采用既有利于充分发挥外壳的防护作用，又保证了更换熔断丝时不因误操作合闸而产生触电事故。HH 系列铁壳开关型号含义如下：

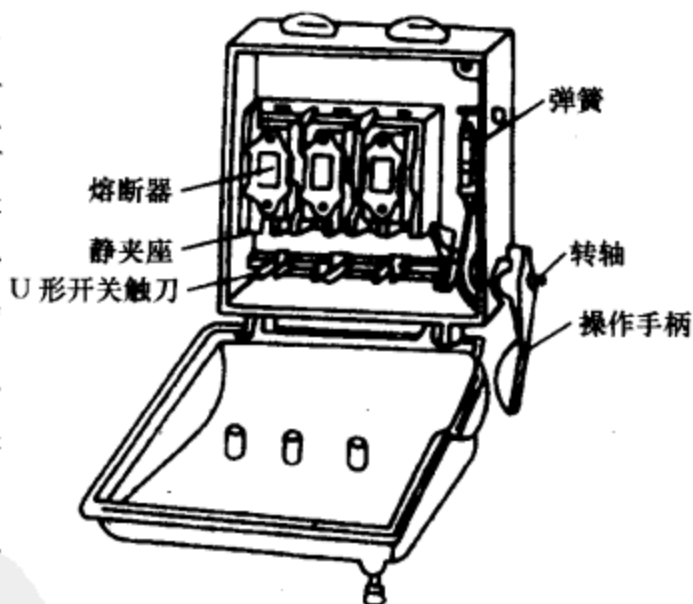
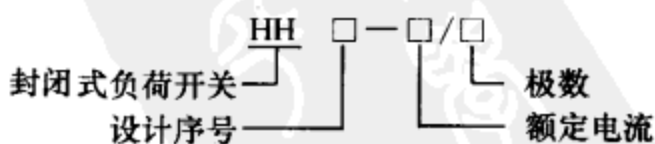


图 1-3 常用 HH 系列铁壳开关的结构与外形



HH 系列铁壳开关适应于作为机床的电源开关和直接启动与停止 15kW 以下电动机的控制，同时还可作为工矿企业电气装置、农村电力排灌及电热照明等各种配电设备的开关及短路保护之用。

HH 系列封闭式负荷开关的主要技术数据见表 1-3。

表 1-3 HH 系列封闭式负荷开关的主要技术数据

型号	极数	额定电压/V	额定电流/V	可控电动机 功率/kW	熔体	
					材料	直径/mm
HH3-15/2	2	220	15	2.2	熔断丝	1.03~1.98
HH3-30/2	2	220	30	5.0	紫铜丝	0.61~0.80
HH3-60/2	2	220	60	11.0	紫铜丝	0.92~1.20
HH3-15/3	3	380	15	2.2	保险丝	1.03~1.98
HH3-30/3	3	380	30	5.0	紫铜丝	0.61~0.80
HH3-60/3	3	380	60	11.0	紫铜丝	0.92~1.20

2. 转换开关

转换开关又称组合开关,转换开关由分别装在多层绝缘件内的动、静触片组成。动触片装在带有手柄的轴上(轴和动触片绝缘),手柄沿任一方向每转动一定角度,触片便轮流接通或分断。为了使开关在切断电路时能迅速灭弧,在开关转轴上装有扭簧储能机构,使开关能快速接通与断开。图 1-4 为 HZ 系列转换开关的外形图。

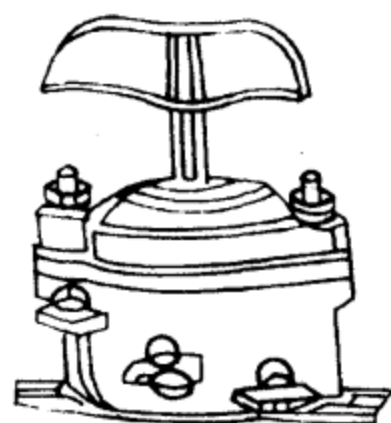


图 1-4 HZ 系列转换开关的外形图

常用的 HZ 系列组合开关型号含义如下:

应用较多的组合开关有 HZ10 系列无限位组合开关和 HZ3 系列有限位组合开关。

1) HZ10 系列无限位组合开关

HZ10 系列无限位组合开关为无限位型组合开关的代表



型号,它可无定位及无方向限制转动,可在 360° 范围内旋转,每旋转一次,手柄位置在空中改变 90° 角,它是由数层动、静触点分别组装于绝缘胶木盒内,动触点装于附有手柄的转轴上,随转轴旋转位置的改变而改变动、静触点的通断。由于它采用了扭簧储能机构,故开关能快速分断及闭合,而与操作手柄的速度无关。图 1-5 为 HZ10 无限位型系列组合开关在电路中的符号。

HZ10 系列组合开关主要用于中小型机床的电源隔离开关、控制线路的切换、磁性工作台的退磁等,还可直接用于控制功率小于 5.5kW 以下电动机的启动及停止。

2) HZ3 系列组合开关

HZ3 系列组合开关为有限位型组合开关的代表型号。HZ3 系列组合开关又称为倒顺开关或可逆转换开关,它只能在“倒”、“顺”、“停”三个位置上转动,其转动范围为 90° 。从“停”挡扳至“倒”挡转向为 45° ,从“停”挡扳至“顺”挡亦为 45° 。当作为电动机正、反转控制时,将手柄扳至“顺”挡位置,在电路上接通电动机的正转电源,电动机正转;当电动机需要反转时,将手柄扳至“倒”挡位置,HZ3 系列组合开关在内部将两组触点互相调换,使

电动机通入反转电源,电动机得电反转。图 1-6 为 HZ3 系列组合开关在电路中的符号。

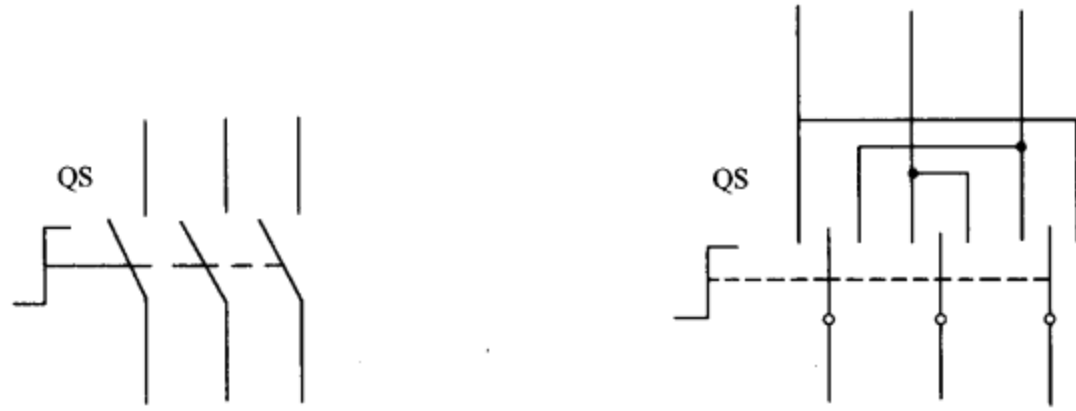


图 1-5 HZ10 组合开关在电路中的符号 图 1-6 HZ3 系列组合开关在电路中的符号

HZ3 系列组合开关主要用于小型异步电动机的正、反转控制及双速异步电动机变速的控制。

3. 自动空气开关

自动空气开关又叫自动空气断路器,它在现代电气控制中被广泛作为电源的引入开关及电动机启动、停止的控制开关,自动空气开关适用于交流 50Hz 或 60Hz,电压至 500V,直流电压 440V 以下的电路,当电路中发生超过允许极限的过载、短路及失压时,电路自动分断。在正常条件下使电路作不频繁的接通和分断。

常用的自动空气开关有 DZ5 系列、DZ10 系列和 DZ20 系列。DZ20 系列自动空气开关的外形及结构如图 1-7 所示。

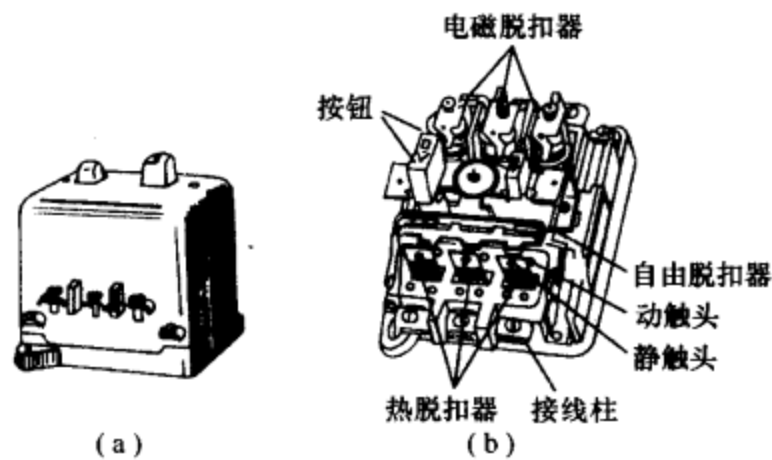


图 1-7 DZ20 自动空气开关的外形及结构
(a)外形; (b)结构。

DZ520 型自动开关的结构采用立体布置,操作机构在中间,外壳顶部突出红色分闸按钮和绿色合闸按钮,通过储能弹簧连同杠杆机构实现开关的接通和分断;壳内底座上部为热脱扣器,由热元件和双金属片构成,用做过载保护,还有一电流调节盘,用以调节整定电流;下部为电磁脱扣器,由电流线圈和铁芯组成,做短路保护用;主触头系统在操作机构的下面,由动触头和静触头组成,用以接通和分断主电路的大电流并采用栅片灭弧;另外,还有常开和常闭辅助触头各一对,可作为信号指示或控制电路用;主、辅触头接线柱伸出壳外,便于接线。自动开关与刀开关相比,具有结构紧凑、安装方便、操作安全的特点,而且在进行短路保护时,由于用电磁脱扣器将电源同时切断,避免了电动机缺相运行的可能性。另外,自动开关的脱扣器可以重复使用,不必更换。

自动空气开关的工作原理如图 1-8 所示。

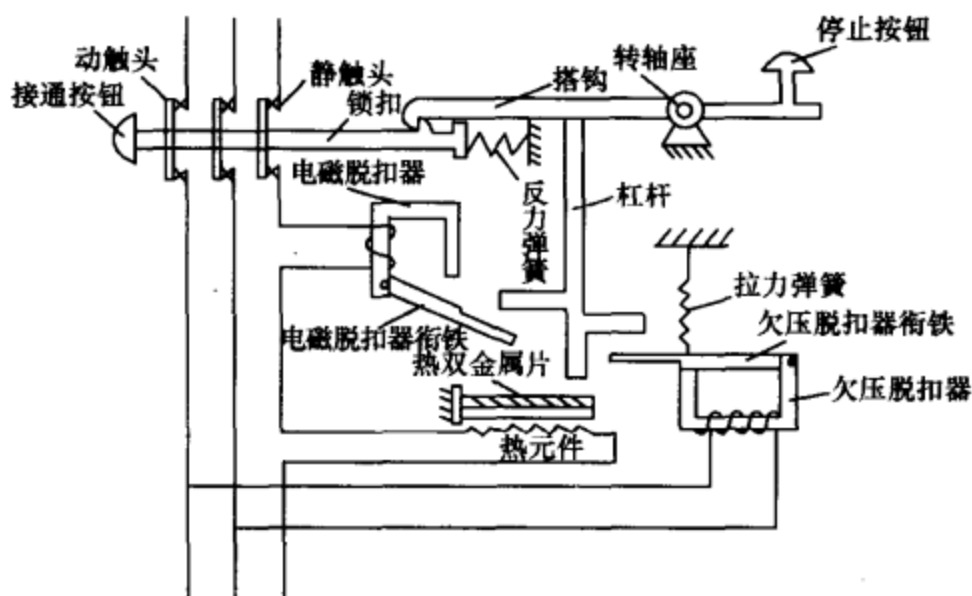


图 1-8 自动空气开关工作原理示意图

图中自动空气开关的三副主触头串联在被控制的三相电路中，当按下接通按钮时，外力使锁扣克服反力弹簧的斥力，将固定在锁扣上面的动触头与静触头闭合，并由锁扣锁住搭钩，使开关处于接通状态。正常分断电路时，按下停止按钮即可。

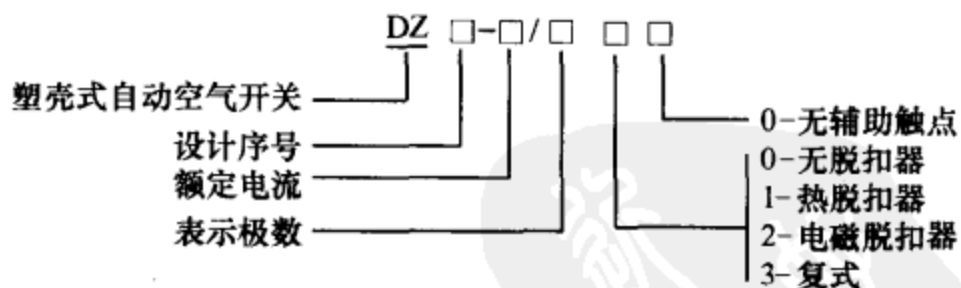
自动开关的自动分断，是由电磁脱扣器、欠压脱扣器和热脱扣器使搭钩被杠杆顶开而完成的。

电磁脱扣器的线圈和主电路串联，当线路正常时，所产生的电磁吸力不能将衔铁吸合，只有当电路发生短路或产生很大的过电流时，其电磁吸力才能将衔铁吸合，撞击杠杆、顶开搭钩，使触头断开，从而将电路分断。

欠压脱扣器和线圈并联在主电路上，当线路电压正常时，欠压脱扣器产生的电磁吸力能够克服弹簧的拉力而将衔铁吸合，如果线路电压降到某一值以下，电磁吸力小于弹簧的拉力，衔铁被弹簧拉开，衔铁撞击杠杆使搭钩顶开，则触头分断电路。

当线路发生一般性过载时，过载电流不能使电磁脱扣器动作，但能使热元件产生一定的热量，促使双金属片受热向上弯曲，推动杠杆使搭钩与锁扣脱开将主触头分断。

自动空气开关的型号含义如下：



自动空气开关的电路符号如图 1-9 所示。

二、熔断器

熔断器是低压线路及电动机控制电路中主要起短路保护作用的元件。它串联在线路中，当线路或电气设备发生短路或过载时，通过熔断器的电流超过规定值一定时间后，以其自身产生的热量使熔体熔化而自动分断电路，使线路或电气设备脱离电源，起到保护作用。

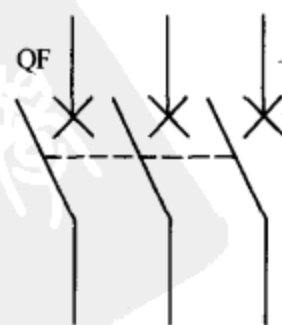


图 1-9 自动空气开关的电路符号

1. 熔断器结构及安秒特性

熔断器主要由熔体、安装熔体的熔管和熔座三部分组成。每个熔断器都有一个额定电流值 I_N ，熔体允许长期通过额定电流而不熔断。熔断器的安-秒特性曲线亦是保护特性曲线，是表征流过熔体的电流与熔体的熔断时间的关系，如图 1-10 所示。

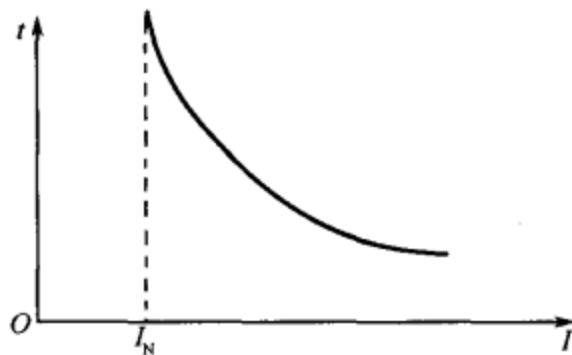


图 1-10 熔断器的安-秒特性曲线

曲线说明了熔体的熔断时间随着电流的增大而缩短，是反时限特性。熔断器的熔断电流与熔断时间的关系如表 1-4 所列。

表 1-4 熔断器的熔断电流与熔断时间的关系

熔断电流	$1.25 I_N$	$1.6 I_N$	$2 I_N$	$2.5 I_N$	$3 I_N$	$4 I_N$
熔断时间	∞	1h	40s	8s	4.5s	2.5s

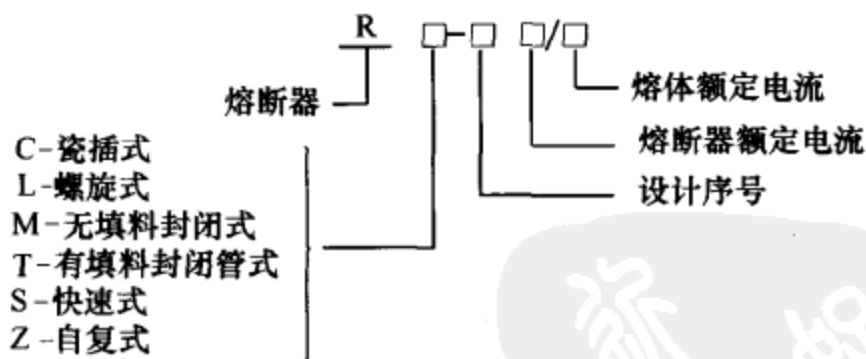
从表中可以看出，熔断器是短路保护的理想元件，但不宜作为电动机的过载保护，因为交流异步电动机的起动电流很大，约为电动机额定电流的 4 倍~7 倍，要使熔体不在电动机启动时熔断，选用的熔体额定电流必须比电动机额定电流大很多，这样，电动机在运行中过载时，熔断器就不能起过载保护作用。

2. 熔断器的技术参数

(1) 额定电压。额定电压是从灭弧的角度出发，规定保证熔断器能长期正常工作的电压。

(2) 额定电流。额定电流是指保证熔断器能长期正常工作的电流。应该注意的是熔断器的额定电流应大于或等于所装熔体的额定电流。

(3) 极限分断电流。极限分断电流是指熔断器在额定电压下所能断开的最大短路电流。熔断器的型号含义如下：



熔断器的电路符号如图 1-11 所示。

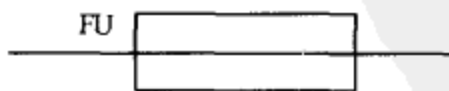


图 1-11 熔断器的电路符号

方法技巧 选用熔断丝可根据电路的情况而定：

- (1) 照明、电热等电路中，熔断丝额定电流大于等于负载的额定电流。
- (2) 电动机的熔断丝。为防止电动机启动时电流较大将熔断丝烧断，熔断丝不能按电

电动机额定电流来选择,一般为熔断丝额定电流 $\geq \frac{\text{电动机启动电流}}{2\sim 5}$ 。

若电动机启动频繁,则

熔断丝额定电流 $\geq \frac{\text{电动机启动电流}}{1.6\sim 2}$

(3)几台电动机合用的总熔断丝,一般可粗略计算:

熔断丝额定电流 $= (1.5\sim 2.5) \times \text{容量最大的电动机的额定电流} + \text{其余电动机的额定电流之和}$ 。

3. 常用熔断器

1) RC1A 系列瓷插式熔断器

图 1-12 所示是 RC1A 系列瓷插式熔断器的外形结构图。它是一种最常见的结构简单、更换方便、价格低廉。一般在交流 50Hz, 额定电压为 380V, 额定电流 200A 以下的低压线路末端或分支电路中, 作为电气设备的短路保护及一定程度上的过载保护用。

2) RL1 系列螺旋式熔断器

RL1 系列螺旋式熔断器属有填料封闭管式。外形结构如图 1-13 所示。熔体内装有熔断丝和石英砂(石英砂作为熄灭电弧用), 同时还有熔体熔断的信号指示装置。熔体熔断后, 带色标的指示头弹出, 便于发现更换。

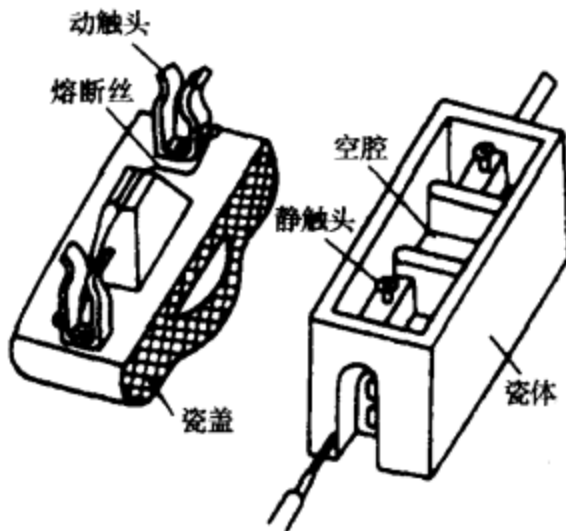


图 1-12 RC1A 系列瓷插式熔断器

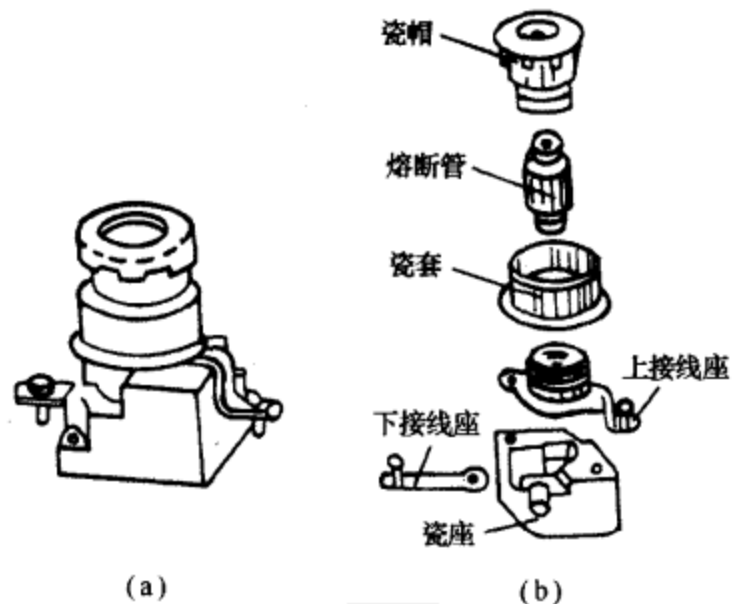


图 1-13 RL1 系列螺旋式熔断器
(a)外形; (b)结构。

3) RTO 系列有填料封闭式熔断器

这是一种大分断能力的熔断器, 广泛用于短路电流很大的电力网络或低压配电装置, 外形及结构如图 1-14 所示。它制造工艺复杂、性能较好, 有很多优点, 如限流较好, 能使短路电流在第一半波峰值以前分断电路; 断流能力强, 使用安全, 分断规定的短路电流时, 无声、光现象, 并有醒目的熔断标记, 附有活动的绝缘手柄, 可在带电情况下调换熔体。

4) RM10 无填料封闭管式熔断器

RM10 无填料封闭管式熔断器由熔管、熔体和插座组成, 熔体被封闭在不充填料的熔

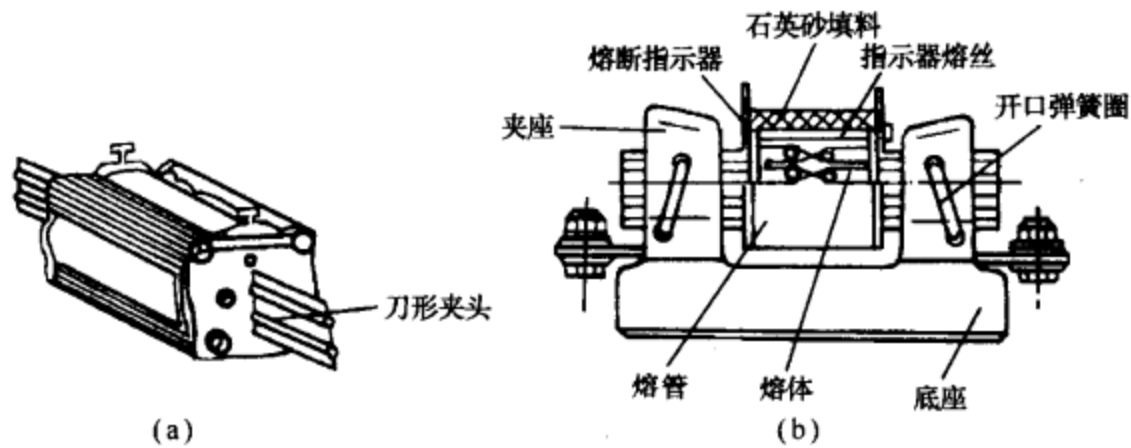


图 1-14 RTO 系列有填料封闭式熔断器

(a)外形；(b)结构。

管内,其外形与结构如图 1-15 所示。15A 以上熔断器的熔管由钢纸管(又称反白管)、黄铜套管和黄铜帽等构成。新产品中熔管已用耐电弧的玻璃钢制成。

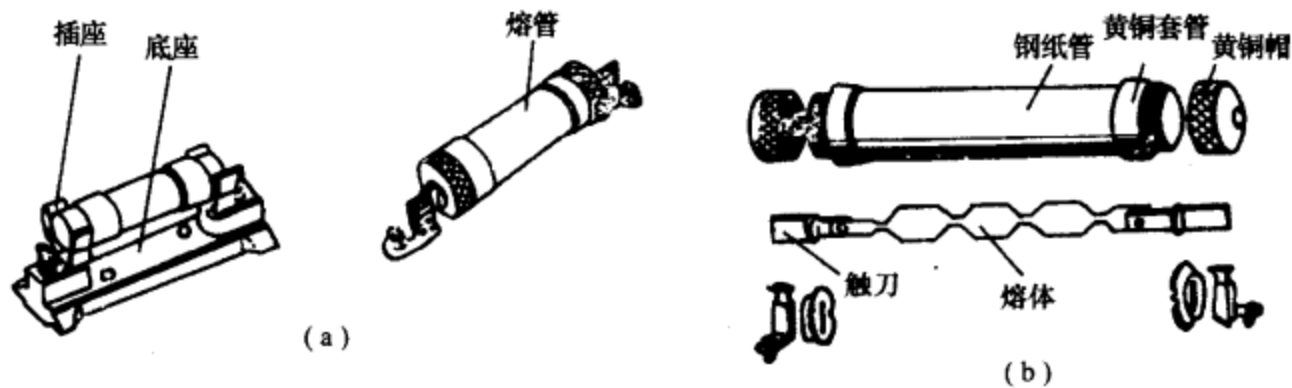


图 1-15 RM10 无填料封闭管式熔断器

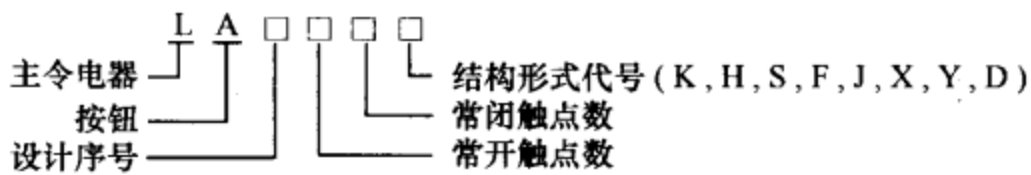
这种结构形式的熔断器有两个特点:一是采用变截面锌片作熔体,二是采用钢纸管或三聚氰胺玻璃布作熔管。当电路过载或短路时,变截面锌片狭窄部分的温度骤然升高并首先熔断,特别是在短路时,熔体的几个狭窄部分同时熔断,使电路断开很大间隙后容易灭弧;熔管在电弧作用下,分解大量气体,使管内压力迅速增大,促使电弧迅速熄灭。还有锌质熔体熔点较低,适合于同熔管配合使用。这种熔断器的优点是灭弧力强,熔体更换方便,被广泛用于发电厂、变电所和电动机的保护。

三、按钮

按钮是一种短时接通或断开小电流电路的手动电器,通常用于控制电路中发出启动或停止等指令,以控制接触器、继电器等电器的线圈电流的接通或断开,再由它们去接通或断开主电路。可见,按钮是一种发出指令的电器,因此称为主令电器。另外,按钮之间还可实现电气联锁。

按钮一般是由按钮帽、复位弹簧、桥式动触点、静触点和外壳等组成。图 1-16 为常闭按钮、常开按钮和复合按钮的结构与符号。

常用按钮主要有 LA2、LA10、LA18、LA19 和 LA25 等系列。关于按钮的颜色及指示灯的颜色,国家有关标准都做了规定。按钮的结构形式有开启式、旋钮式、钥匙式、防水式、防腐式、保护式和带指示灯式等。按钮的型号含义如下:



1. 常闭按钮

手指未按下时,触点是闭合的,如图 1-16 中的触点 1、2,当手指按下时,触点 1、2 被断开,而手指松开后,触点在复位弹簧作用下恢复闭合。常闭按钮在控制电路中常用做停止按钮。

2. 常开按钮

手指未按下时,触点是断开的,如图 1-16 中的触点 3、4,当手指按下按钮帽时,触点 3、4 被接通,而手指松开后,触点在复位弹簧作用下返回原位而断开。常开按钮在控制电路中常用做启动按钮。

3. 复合按钮

当手指未按下时,触点 1、2 是闭合的,触点 3、4 是断开的,当手指按下时,先断开触点 1、2,后接通触点 3、4,而手指松开后,触点在复位弹簧作用下全部复位。复合按钮在控制电路中常用于电气联锁。

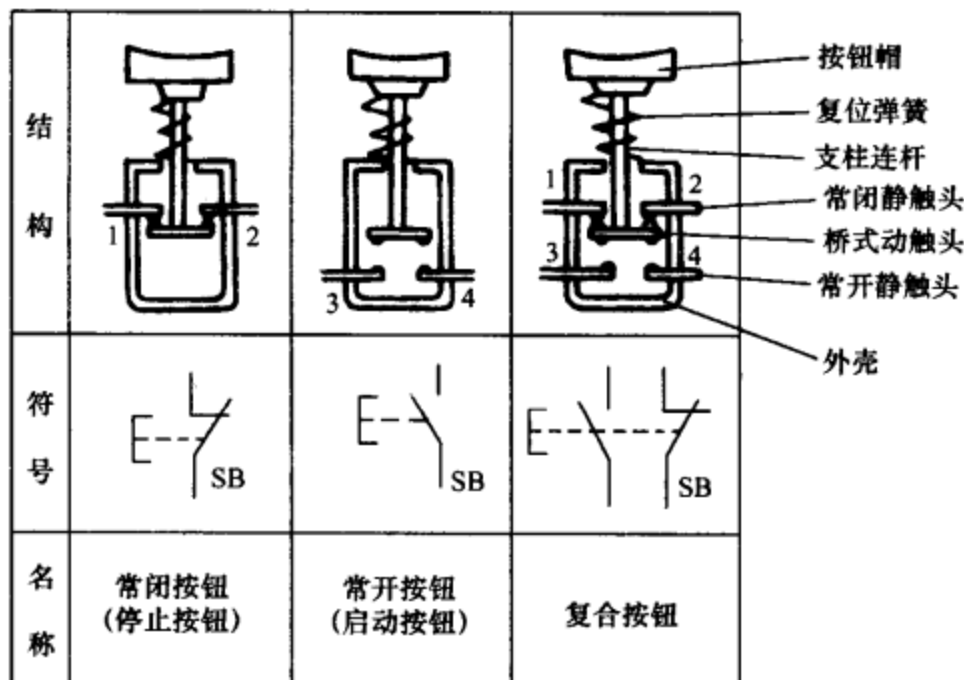


图 1-16 按钮的结构与符号

四、位置开关

位置开关包括在控制电路中的作用同按钮类似,按钮为手动,而位置开关是通过生产机械的运动部件(如挡铁)碰撞或接近后使其触点动作的。行程开关按其结构形式有按钮式、滚轮式(单滚轮式、双滚轮式)、微动开关式之分;按其触点动作的速度有瞬动型和蠕动型之分;按其动作后复位方式有自动复位和非自动复位之分;按其触点的形式分为有触点(行程开关和微动开关)和无触点(接近开关)等。

1. 行程开关

行程开关是用来反映工作机械的行程,发布命令以控制其运动方向或行程大小的主令电器。如果把行程开关安装在工作机械行程终点处,以限制其行程,它就称为限位开关

或终端开关。

图 1-17 是直动式行程开关的结构简图。当外部机械碰撞按钮时,使其向下运动并压迫弹簧,使触点由与常闭静触点接触转向同常开静触点接触。当外部机械作用移去后,由于弹簧的反作用,触点恢复原位。

直动式行程开关的优点是结构简单、成本较低,缺点是触点的分合速度取决于撞块移动速度,若撞块移动太慢,则触点就不能瞬时切断电路,使电弧在触点上停留时间过长,易于烧蚀触点。

机床中常用行程开关的型号含义如下:

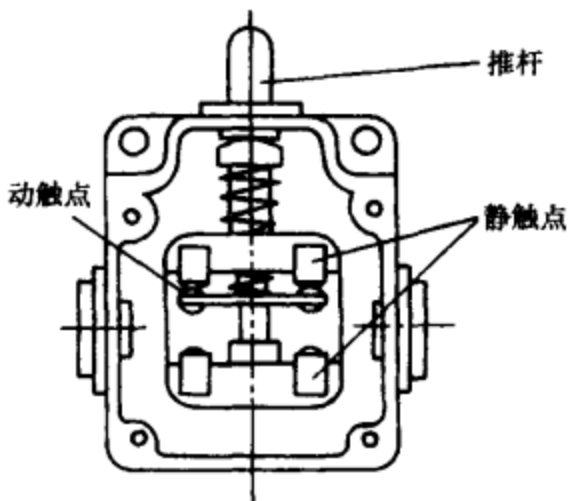
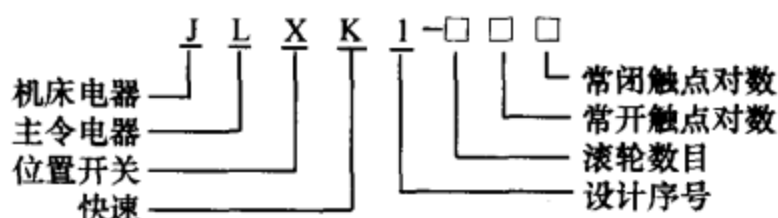


图 1-17 直动式行程开关结构简图

行程开关在电路中的电路符号如图 1-18 所示。

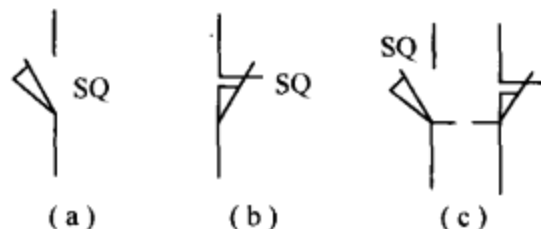


图 1-18 行程开关的电路符号

(a)常开触点; (b)常闭触点; (c)复合触点。

2. 微动开关

微动开关是通过一定的外力经过微小的行程使触点瞬时动作的开关。从某种意义上讲,微动开关是尺寸微小的行程开关。

图 1-19 是具有弯片状弹簧微动开关的机构示意图。当推杆被压下时,弹簧片发生变形,储存能量并产生位移,当达到预定的临界点时,弹簧片连同动触点产生瞬时跳跃,从而导致电路的接通、分断或转换。同样,减小操作力时,弹簧片会向相反方向跳跃。

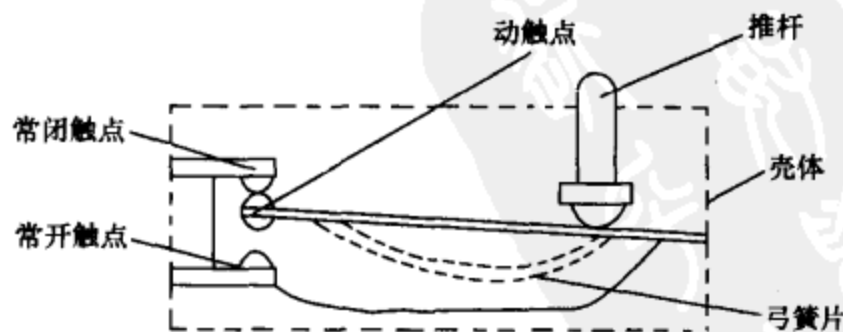


图 1-19 具有弯片状弹簧微动开关的机构示意图

微动开关体积小、动作灵敏,适合在小型机构中应用。

3. 接近开关

接近开关不同于行程开关,它是一种非接触式的检测装置。当运动着的物体在一定

范围内接近它时,它就能发出信号,以控制运动物体的位置。它既能起行程开关的作用,又能起计数的作用。

根据工作原理来划分,接近开关有高频振荡型、电容型、霍尔效应型、感应电桥型等,其中以高频振荡型为最常用。高频振荡型接近开关由感应头、振荡器、开关器和输出器等组成。当装在生产机械上的金属物体接近感应头时,由于感应作用,使处于高频振荡器线圈磁场中的金属物体内部产生涡流损耗(金属物体为铁磁体时还有磁滞损耗),以致振荡回路因电阻增大和能耗增加而使振荡减弱,直到停止振荡。此时开关器导通,并通过输出器发出信号,以起到控制作用。

接近开关具有定位精度高、操作频率高、功率损耗小、寿命长、使用面广和能适应恶劣工作环境等优点。目前,接近开关已逐渐得到推广应用。

五、接触器

接触器是最常用的一种自动开关,是利用电磁吸力使触点闭合或分断的电器。它根据外部信号(如按钮或其他电器的触点的闭合或分断)来接通或断开带有负载的电路。适合于频繁操作的远距离控制,并具有失压保护的功能。

重点提示 交流接触器与组合开关都具有通断电路的功能,但交流接触器更适合于频繁通断电路的场合。另外,由于二者结构上的差异,交流接触器具有多对触点,其控制功能更为多样、灵活。

接触器主要控制对象是电动机,也可用做控制电热设备、电照明、电焊机和电容器组等电力负载。接触器具有控制容量大、操作频率高、工作可靠、使用寿命长、维修方便和可远距离控制等优点。在电力拖动与自动控制系统中接触器是应用最广的电器之一。

接触器的种类很多,按电压等级可分为高压与低压接触器;按电流种类可分为交流接触器和直流接触器;按操作机构可分为电磁式、液压式和气动式,但以电磁式接触器应用最广;按动作方式可分为直动式和转动式;按主触头的极数可分为单极、双极和三极等。下面主要介绍电磁式低压接触器。

1. 交流接触器

交流接触器主要用于远距离接通与分断额定电压至 1140V、额定电流至 630A 的交流电路,以及频繁地控制交流电动机启动、停止、反转和制动等。

1) 交流接触器的结构

交流接触器主要由触点系统、电磁机构和灭弧装置等组成。其外形和结构原理图如图 1-20 所示。

图 1-21 所示为交流接触器在电路中的符号。

接触器的触点用来接通与断开电路。按其接触情况可分为点接触式、线接触式和面接触式三种;按其结构形式分为桥式触点和指形触点两种,交流接触器一般采用双断点桥式触点,即两个触点串于同一电路中,同时接通或断开电路。接触器的触点有主触点和辅助触点之分,主触点用于通断电流较大的主电路,一般由接触面较大的动合触点组成;辅助触点用于通断电流较小的控制电路,它由动合触点和动断触点成对组成。接触器未工作时处于断开状态的触点称为动合触点或常开触点;接触器未工作时处于接通状态的触点称为动断触点或常闭触点。

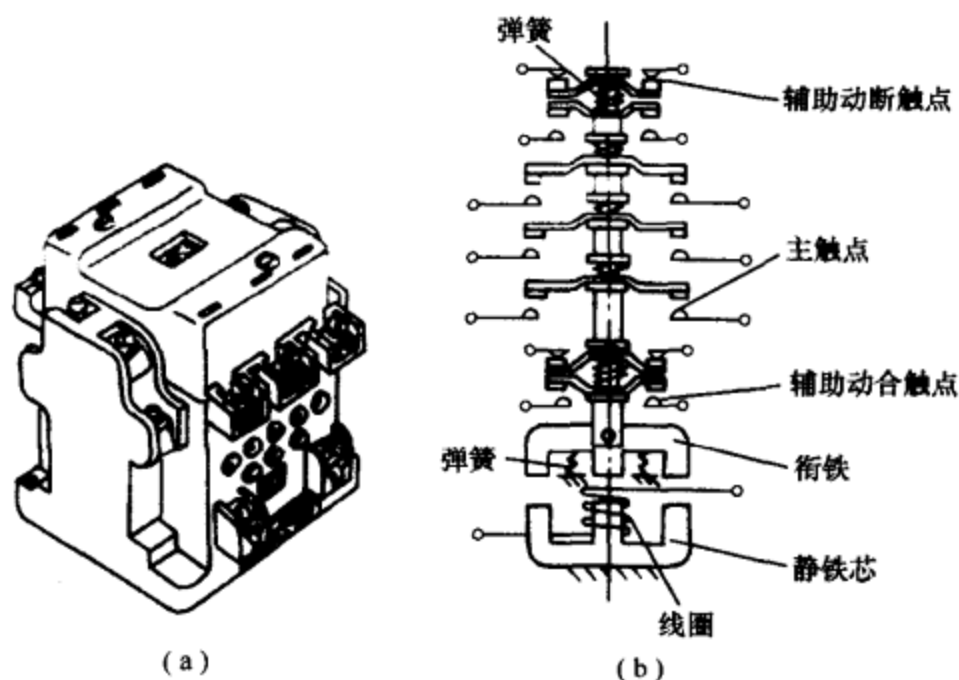


图 1-20 交流接触器的外形和结构
(a)外形；(b)结构原理。

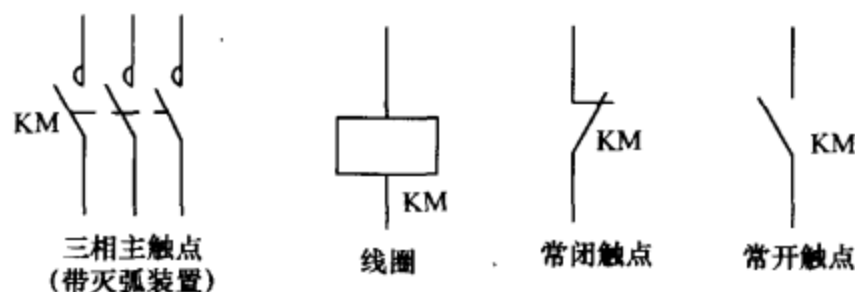


图 1-21 交流接触器在电路中的符号

电磁机构是用来操纵触点的闭合和分断的，它由静铁芯、电磁线圈和衔铁三部分组成。交流接触器的铁芯一般用硅钢片叠压后铆成，以减少交变磁场在铁芯中产生的涡流与磁滞损耗。交流接触器的线圈用绝缘的电磁线绕制而成，工作时并接在控制电源两端，线圈的阻抗大、电流小。交流接触器的铁芯上装有短路铜环，称为短路环，短路环的作用是减少交流接触器吸合时的振动和噪声。

交流接触器在分断大电流电路时，往往会在动、静触点之间产生很强的电弧，电弧会使触点烧伤，还会使电路切断时间加长，甚至会引起其他事故。因此，接触器都要有灭弧装置。容量较小的交流接触器的灭弧方法是利用双断点桥式触点在电路时将电弧分割成两段，以提高电弧的起弧电压，同时利用两段电弧相互间的电动力使电弧向外侧拉长，在拉长过程中使电弧受到冷却而熄灭；容量较大的交流接触器一般采用灭弧栅片灭弧，灭弧栅片由表面镀铜的薄铁板制成，安装在石棉水泥或耐弧塑料制成的罩内。当电弧受磁场作用力进入栅片后，被分成许多串联的短弧，使每一个短弧上的电压维持不了起弧，导致电弧熄灭。

重点提示 电弧是一种空气放电现象。一般地，空气是不导电的，但在某些条件下如场强较高时，空气将被击穿，流有较大的电流。电弧具有热效应。

2) 交流接触器的原理

交流接触器的工作原理是：当接触器线圈通电后，它产生的电磁吸力克服弹簧的反作用力，将衔铁吸合并带动支架使动、静触点接触闭合，从而接通主电路。当线圈断电或电

压显著下降时,由于电磁吸力消失或过小,衔铁与动触点在弹簧反作用力作用下跳开,触点打开时产生电弧,但电弧在灭弧措施作用下迅速熄灭。最后切断主电路。

3)交流接触器的选用

- (1)交流接触器的额定工作电压应大于或等于控制电路的额定电压。
- (2)交流接触器主触点的额定电流应稍大于或等于控制电路的额定电流。
- (3)交流接触器的线圈电压应等于电源所能供给交流接触器线圈的电压。
- (4)辅助触点的触点数及额定电流应大于或等于控制电路所需的数量。
- (5)交流接触器的频率应与控制电路的电源频率相同。
- (6)交流接触器的操作频率(次/小时)应大于所控制电路需要的操作频率。
- (7)当作为电动机启动及停止控制时,除了以上指标应满足要求外,其交流接触器主触点的额定电流应稍大于或等于交流电动机的额定电流;而用于交流电动机频繁正、反转启动控制时,其接触器应向上选大一级。

常用交流接触器的型号含义如下:



2. 直流接触器

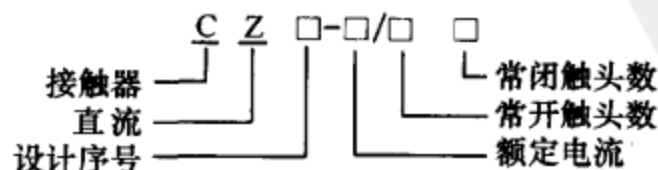
直流接触器主要用于远距离接通和分断额定电压 440V、额定电流至 600A 的直流电路或频繁地操作和控制直流电动机的一种控制电器。其结构及工作原理与交流接触器基本相同,但也有区别,主要表现为:

(1)电磁系统。直流接触器电磁系统由铁芯、线圈和衔铁等组成。因线圈中通的是直流电,铁芯中不会产生涡流,所以铁芯可用整块铸铁或铸钢制成,也不需要装短路环。铁芯不发热,没有铁损耗。线圈匝数较多,电阻大,电流流过时发热。为了使线圈良好散热,通常将线圈制成长而薄的圆筒状。

(2)触点系统。直流接触器触点系统多制成单极的,只有小电流才制成双极的,触头也有主、辅之分,由于主触头的通断电流较大,多采用滚动接触的指形触点。辅助触点的通断电流较小,常采用点接触的桥式触头。

(3)灭弧装置。直流接触器一般采用磁吹式灭弧装置。

常用直流接触器型号含义如下:



重点提示 接触器的主要技术数据如下:

额定电压:接触器铭牌上的额定电压是指主触头的额定电压。选用时,主触头所控制的电路电压应小于或等于接触器的额定电压。

额定电流:接触器铭牌上的额定电流是指主触头的额定电流。

吸引线圈的额定电压:吸引线圈的额定电压等于控制回路的电压。交流有 36V,

110V,127V,220V,380V;直流有 24V,48V,220V,440V。

额定操作频率:接触器的额定操作频率是指接触器每小时允许的操作次数。

六、继电器

继电器是一种自动动作的电器。当给继电器输入电压、电流和频率等电量或温度、压力和转速等非电量并达到规定值时,继电器的触点便接通或分断所控制或保护的电路。继电器被广泛应用于电动机控制和电力系统保护系统中。

继电器一般由输入感测机构和输出执行机构两部分组成。前者用于反映输入量的高低;后者用于接通或分断电路。

继电器种类很多。按感测机构输入物理量性质可分为电量继电器和非电量继电器。电量继电器的输入量可为电流、电压、频率和功率等,并相应称为电流、电压、频率和功率继电器等;非电量继电器的输入量可为温度、压力和速度等,并相应称为温度、压力和速度继电器等。按用途可分为控制继电器和保护继电器;按动作时间可分为瞬时继电器和延时继电器;按执行机构的特征可分为有触点继电器和无触点继电器;按工作原理又可分为电磁式继电器、机械式继电器、热继电器和半导体式继电器等。下面主要介绍几种常用电器的结构、动作原理和用途。

1. 电磁式继电器

电磁式继电器,也叫有触点继电器,它的结构和动作原理与接触器大致相同。但电磁式继电器在结构上体积较小、动作灵敏、没有庞大的灭弧装置,且触点的种类和数量也较多。

1) 电流继电器

电流继电器是反映电路电流量变化的器件,它的线圈与电路串联,以反应电路电流的变化。为不影响电路工作情况,其线圈匝数少、导线粗,线圈阻抗小。

电流继电器是根据控制电路中电流变化的大小而决定是否动作的。电流继电器可分为过电流继电器和欠电流继电器。当电路中的电流超过一定量时,过电流继电器动作,切断电路,从而起到电路中的过载保护作用。一般交流过电流继电器的过电流动作范围可调整在电路额定电流的 110%~400%之间,直流过电流继电器的动作范围可调整在电路额定电流的 70%~300%之间。当电路中的电流小于一定数值时,欠电流继电器动作,切断电路,从而使某些要求具有一定电流的电路得到保护。例如,在直流电动机的电枢励磁电路中,如果励磁电流减少,根据直流电动机的机械特性其转速要上升,当励磁电流减小趋于零时,根据理论分析,其转速将趋于无穷大,会引起直流电动机转速猛增,亦即“飞车现象”,这样会发生严重的设备事故。为了杜绝这种现象的发生,在直流电动机的电枢励磁回路中串入欠电流继电器,一旦电枢励磁回路中电流下降到某数值时,欠电流继电器动作,切断电源,从而起到欠电流的保护作用。一般情况下,欠电流继电器的吸合电流为线圈额定电流的 30%~65%左右,释放电流为线圈额定电流的 10%~20%间。故当控制线路中电流减小到欠电流继电器线圈额定电流的 10%~20%时,欠电流继电器动作,从而起到了欠电流保护作用。在电气控制电路中,主要使用 JZ14 系列交、直流电流继电器。

图 1-22 为过电流电磁式继电器外形与结构原理图。

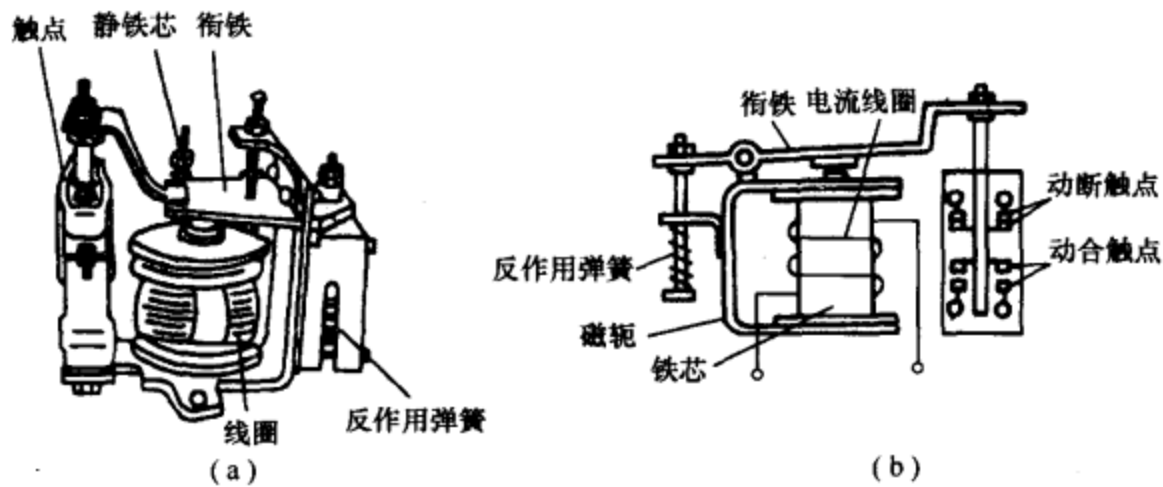


图 1-22 过电流继电器外形及原理图

(a)外形结构；(b)工作原理示意图。

当接于主电路的线圈为额定值时，它所产生的电磁引力不能克服反作用弹簧的作用力，继电器不动作，常闭触点闭合，维持电路正常工作。一旦通过线圈的电流超过整定值，线圈电磁力将大于弹簧反作用力，静铁芯吸引衔铁使其动作，分断常闭触点，切断控制回路，保护了电路和负载。

电流继电器在电路中的符号如图 1-23 所示。

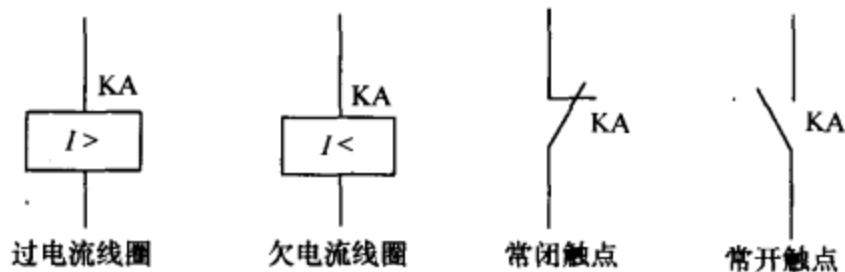


图 1-23 电流继电器在电路中的符号

重点提示 过电流继电器主要用于绕线式异步电动机及直流电动机频繁启动和重载启动下的过载和短路保护。欠电流继电器主要用于直流电动机电枢励磁回路及其他需保持一定电流的电路中。

电流继电器的选用要求如下：

(1)过电流继电器选用。用于绕线式异步电动机和小容量直流电动机的过电流保护，过电流继电器的线圈额定电流可选择电动机额定工作电流的大小；对于频繁启动或频繁正、反转启动的电动机，则电流继电器线圈的额定电流应向上大选一级。

(2)欠电流继电器的选用。欠电流继电器线圈电流的选择应根据电路中所要求的最小电流值来选择，即电路中所要求的最小电流值应等于欠电流继电器线圈额定电流的 10%~20%。

2)电压继电器

电压继电器的结构与电流继电器相似，不同的是电压继电器的线圈为并联的电压线圈，匝数多、导线细、阻抗大。电压继电器主要用于电力输入线路的电压升高或降低及自动控制、机床线路中的过电压及失压保护。

根据动作电压值的不同，电压继电器有过电压、欠电压和零电压继电器之分。过电压继电器的主要作用是当电压超过某一上限电压值时，继电器工作，从而达到过电压的保护作用。一般当电压为线路额定电压的 105%~120%时，继电器即动作。欠电压继电器的

主要作用是当电路中电压降低到不足于一定值时,欠电压继电器动作,切断电路,使某些用电设备不至因电源电压降低、电流急剧上升而损坏。一般当电压低于线路额定电压的40%~70%时,欠电压继电器即动作。零电压继电器则是当线路电源电压降低接近于零时(一般为额定电压的10%~35%)动作。常用的电压继电器有JT4系列电压继电器。

值得一提的是,交流接触器、中间继电器本身也具有欠压和失压保护的功能,故在电气控制线路中,常用交流接触器或中间继电器代替失压和欠压继电器进行失压或欠压保护。

电压继电器在电路中的图形符号及文字符号如图1-24所示。

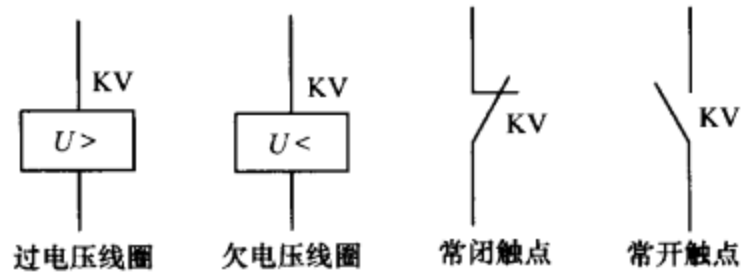


图1-24 电压继电器在电路中的符号

3) 中间继电器

中间继电器实质上为电压继电器,但它的触点对数多,触头容量较大,动作灵敏。其主要用途为:当其他继电器的触头对数或触头容量不够时,可借助中间继电器来扩大它们的触头数和触头容量,起到中间转换作用。图1-25为JZ7系列中间继电器的外形结构。

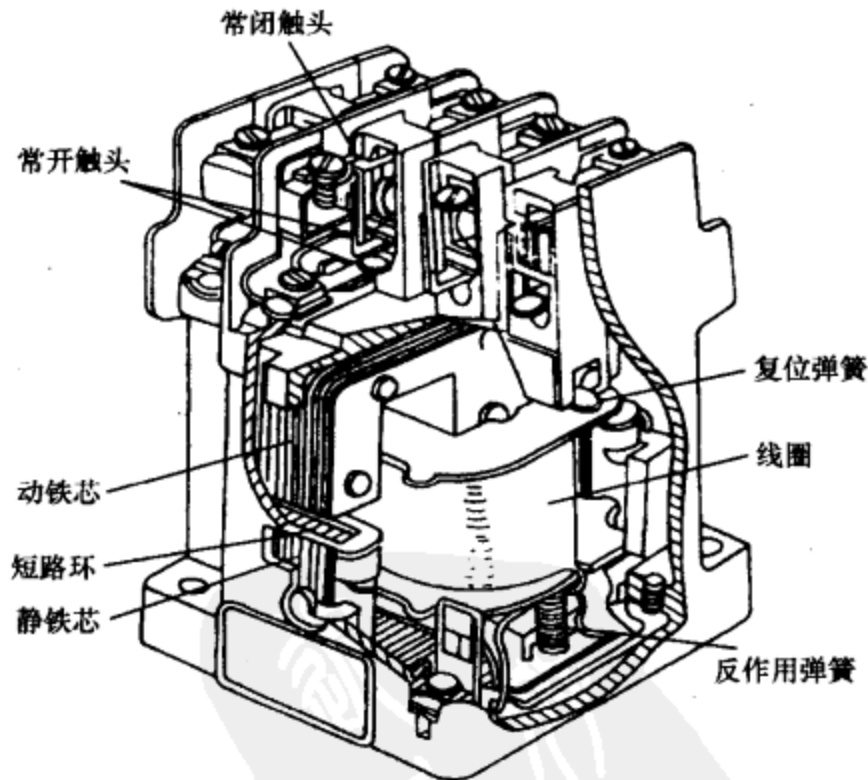


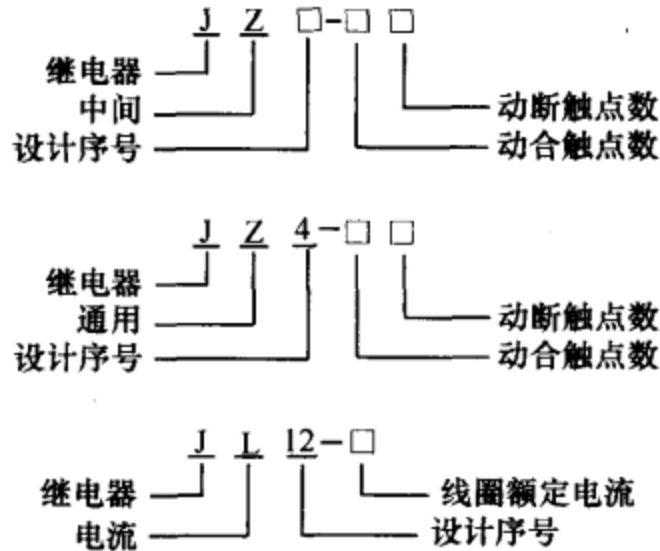
图1-25 JZ7系列中间继电器的外形结构

该中间继电器由静铁芯、动铁芯、线圈、触点系统、反作用弹簧和复位弹簧等组成。其触点对数较多,没有主、辅触点之分,各对触点允许通过的额定电流是一样的,都为5A。吸引线圈的额定电压有12V、24V、36V、110V、127V、220V、380V等多种,可供选择。

重点提示 选用电磁式继电器的主要依据是:被控制或保护对象的特性、触头的种类、数量、控制电路的电压、电流、负载性质等因素,特别是线圈电压、电流应满足控制线路

的要求。如果控制电流超过继电器触头额定电流,可将触头并联使用。

电磁式继电器型号含义如下:



2. 时间继电器

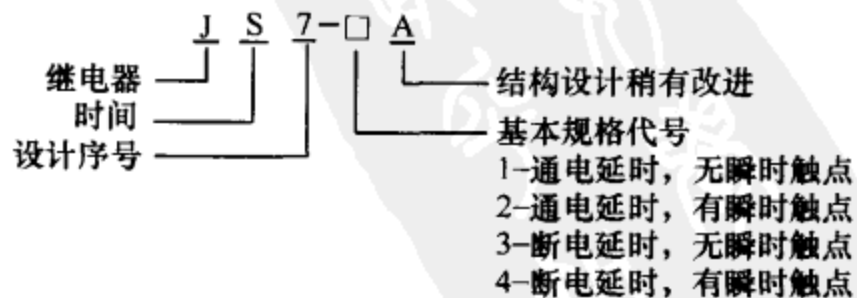
时间继电器是利用电磁原理或机械原理实现触点延时闭合或延时断开的自动控制电器。按动作原理分,可分为电磁式、空气阻尼式、电动式和电子式等。按延时方式分,可分为通电延时型和断电延时型两种。

1) 电磁式时间继电器

电磁式时间继电器一般只用于直流电路,而且只能直流断电延时动作。它是利用磁系统在线圈断电后磁通延缓变化的原理来实现的。为达到延时的目的,可在继电器的磁系统中增设阻尼圈,如在图 1-22 继电器的磁轭上加套铝套筒或铜套筒(即为阻尼圈)。当线圈断电后,铁芯内的磁通要迅速减少。根据电磁感应定律,在阻尼圈内将产生感应电流,以阻止磁通的减少,使铁芯继续吸持衔铁一段时间,使得触点延时断开。其延时的长短取决于线圈断电后磁通衰减的速度,它与阻尼圈本身的时间常数(L/R)有关,同时和铁芯与衔铁间的非磁性垫片厚度以及释放弹簧的松紧有关。时间继电器做好后,阻尼圈本身的时间常数已定,继电器延时时间的调节就靠改变非磁性垫片厚度以及释放弹簧的松紧。垫片厚则延时短,垫片薄则延时长;弹簧紧则延时短,弹簧松则延时长。

2) 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。它是利用空气阻尼的作用来达到延时的。下面以应用广泛的 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器为例进行介绍。JS7-A 空气阻尼式时间继电器型号含义如下:



JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器外形和结构如图 1-26 所示。

JS7-A 系列时间继电器的吸引线圈的额定电压有 24V、36V、110V、127V、220V 和 380V 等多种,但其基本组成不变,主要由电磁机构(线圈、铁芯和衔铁)、触点系统(两对瞬

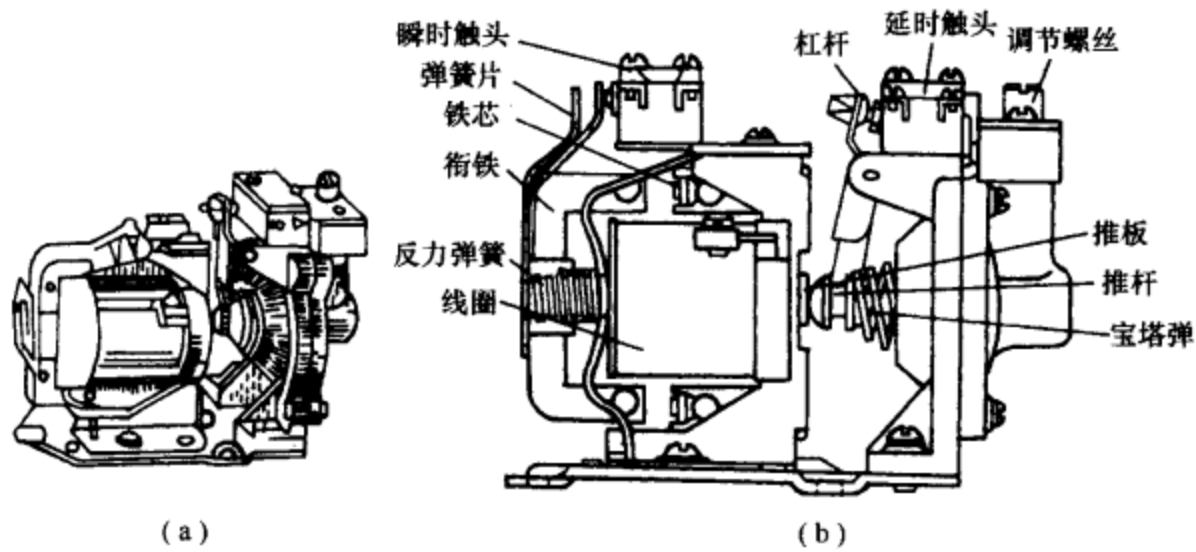


图 1-26 空气阻尼式时间继电器的外形和结构

(a)外形；(b)结构。

动触头和两对延时触头)和空气室(气室内装一成型橡皮薄膜,随空气的增减而移动,气室顶部的调节螺钉可调节延时时间)和传动机构(推板、活塞杆、杠杆及各种类型的弹簧)四部分构成。

JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器有通电延时和断电延时两种。图 1-27 所示为通电延时继电器原理示意图。它的主要功能是线圈通电后,触点要延长一段时间才动作;而线圈失电时,触点立即复位。工作过程是:当吸引线圈通电时,动铁芯就被吸下,使铁芯与活塞杆之间有一段距离,在释放弹簧的作用下,活塞杆就向下移动,由于在活塞上固定有一层橡皮膜,因此当活塞向下移动时,橡皮膜上方空气变稀薄,压力减小,而下方的压力加大,限制了活塞杆下移的速度。只有当空气从进气孔进入时,活塞杆才继续下移,直至压下杠杆,使微动开关动作。可见,从线圈通电开始到触点(微动开关)动作需要经过一段时间,此即为继电器的延时时间。旋转调节螺钉,改变进气孔的大小,就可调节延时时间的长短。线圈断电后复位弹簧使橡皮膜上升,空气从单向排气孔迅速排出,不产生延时作用。该空气式时间继电器经过适当改装后,还可成为断电延时继电器,即通电时它的触点瞬时动作,而断电后要经过一段时间它的触点才能复位。

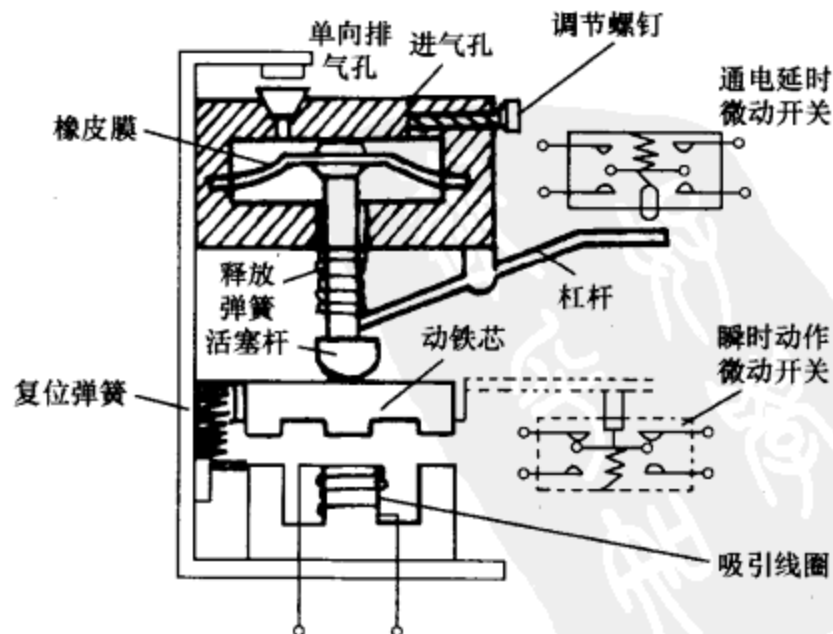


图 1-27 空气阻尼式通电延时时间继电器原理示意图

重点提示 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器的主要优点为延时范围较大,可达 0.4s~180s,能同时做成通电和断电延时型,在将通电延时型改装为断电延时型或将断电延时型改装为通电延时型时,只需松开整个电磁系统的固定螺钉,将其旋转 180°固定好后即可达到要求。JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器具有结构简单、价格低廉、寿命长、不受电压和频率波动的影响等优点。其缺点是延时误差大和延时值受周围环境温度、湿度、灰尘等影响。

JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器主要用于延时精度要求不高的机床控制电路中以及电动机 Y- Δ 降压自动转换和双速电动机及其他控制电路自动转换的控制中。

3) 电动式时间继电器

电动式时间继电器是利用同步电动机驱动齿轮变速机构的原理制成的。它也有通电延时型和断电延时型之分,常见型号有 JS17 系列,该系列的通电和断电并非指接通和断开电动式时间继电器的电源,而是指接通和断开电动式时间继电器离合电磁铁线圈的电源。

4) 电子式时间继电器

电子式时间继电器是目前应用比较广泛的时间继电器。它具有体积小、重量轻、延长时间长(可达几十小时)、延时精度高、调节范围广(0.1s~9999min)、工作可靠和使用寿命长等优点,并将取代机电式时间继电器。

电子式时间继电器的种类很多。按电子元件的构成可分为,分立元件型和集成电路型;按延时电路形式可分为模拟电路型和数字电路型,在数字电路型中按延时基准又可分为以电源频率为基准和以石英振荡电路为基准的两种类型。各种电子式时间继电器的工作原理比较复杂,这里不再分析。

重点提示 时间继电器在控制电路中用做延时控制,即当输入信号进入控制系统时,输出系统不立即对输入做出反应,而是经过预定的时间后,输出系统才会有输出量。图 1-28 为时间继电器在电路中的符号,图中列出了通电延时和断电延时线圈的画法及通电延时和断电延时常开、常闭触点的画法。

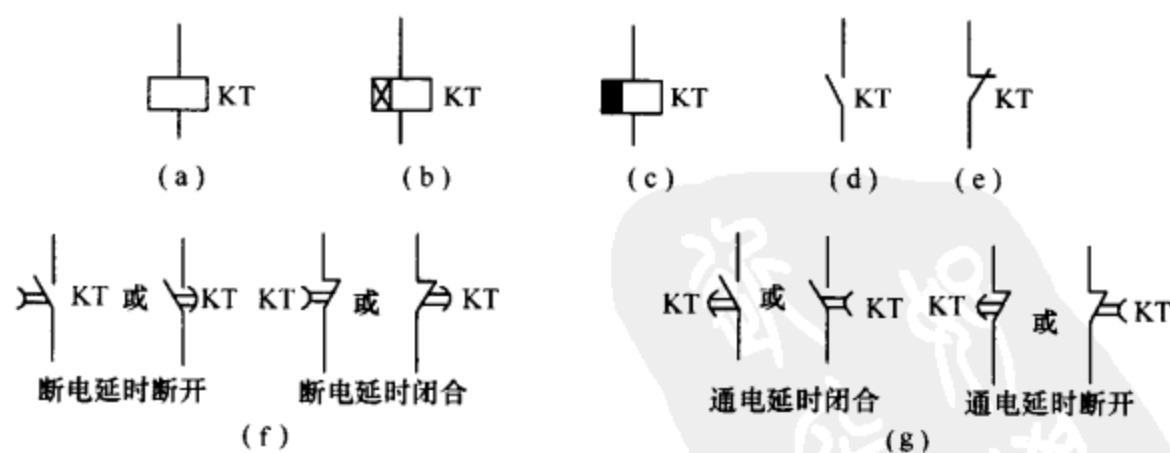


图 1-28 时间继电器在电路中的符号

(a)线圈一般符号;(b)通电延时线圈;(c)断电延时线圈;(d)常开触点;

(e)常闭触点;(f)断电延时触点;(g)通电延时触点。

需要说明的是,一般规定通电延时触点上的小圆弧的凸出方向向左,断电延时触点上的小圆弧的凸出方向向右。如果将触点在水平方向上绘制,则通电延时触点上的小圆弧的凸出方向规定向上,而断电延时触点上的小圆弧的凸出方向规定向下。

3. 热继电器

热继电器是利用电流的热效应原理工作的保护电器,在电路中用做电动机的过载保护。电动机在实际运行中,常遇到过载情况,若过载不大,时间较短,绕组温升不超过允许范围,是可以的。但过载时间较长,绕组温升超过了允许值,将会加剧绕组老化,缩短电动机的使用年限,严重时烧毁电动机的绕组。因此,凡是长期运行的电动机必须设置过载保护。

热继电器种类很多,应用最广泛的是基于双金属片的热继电器,其外形及结构如图 1-29 所示,主要由热元件、双金属片和触头三部分组成。热继电器的常闭触点串联在被保护的二次回路中,它的热元件由电阻值不高的电热丝或电阻片绕成,串联在电动机或其他用电设备的主电路中。靠近热元件的双金属片,是用两种不同膨胀系数的金属用机械辗压而成的,为热继电器的感测元件。当电动机正常运行时,热元件产生的热量虽能使双金属片弯曲,但还不足以使继电器动作。当电动机过载时,流过热元件的电流增大,热元件产生的热量增加,使双金属片产生的弯曲位移增大,经过一定时间后,双金属片推动导板使继电器触头动作,切断电动机控制电路。热继电器动作后,一般不能立即自动复位,待电流恢复正常、双金属片复原后,再按复位按钮,才能使常闭触点回到闭合状态。

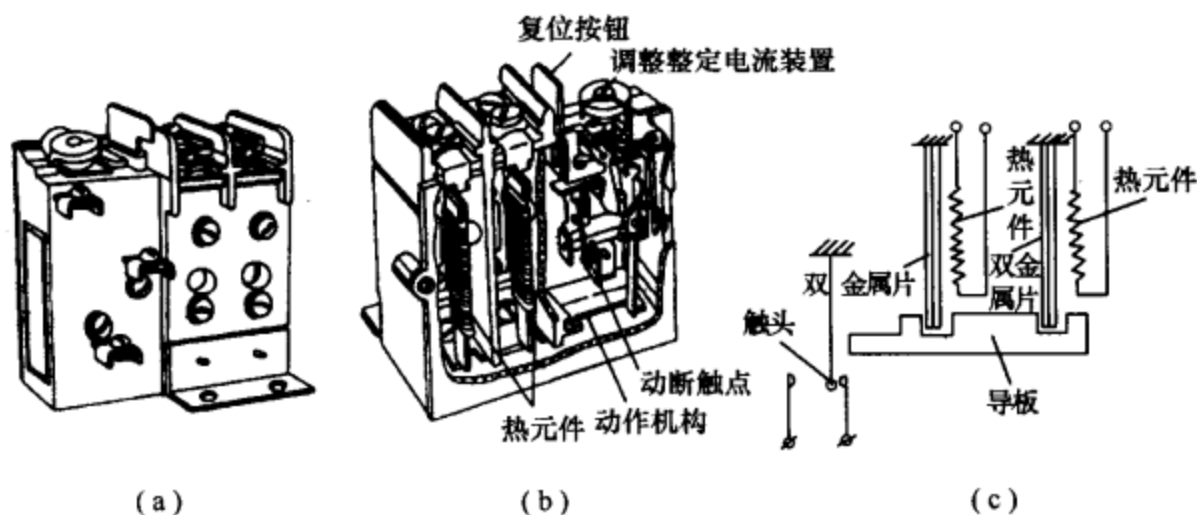


图 1-29 热继电器的外形及结构

(a)外形; (b)结构; (c)工作原理。

热继电器在保护形式上分为二相保护和三相保护两类。二相保护式的热继电器内装有两个发热元件,分别串入三相电路中的两相,常用于三相电压和三相负载平衡的电路。对于三相电源严重不平衡或三相负载严重不平衡的场合只能用三相保护式。因三相保护式热继电器内装有三个发热元件,分别串入三相电路中的每一相,其中任意一相过载,都将导致热继电器动作。

热继电器的主要技术参数有:额定电压、额定电流、相数、热元件编号、整定电流及整定电流调节范围等。

重点提示 整定电流就是热元件中通过的电流超过此值的 20% 时,热继电器应当在 20min 内动作。

常用的热继电器有 JR20、JRS1 及 JR0、JR10、JR15、JR16 等系列,其型号含义如下:



热继电器的电路符号如图 1-30 所示。

一般星形联结的电动机可选用普通二相式或三相保护式热继电器。三角形联结的电动机必须采用带有断相保护装置的热继电器。对于点动、重载启动、频繁正反转及带反接制动的电动机，一般不用热继电器作过载保护，而是选用过电流继电器或温度继电器等。

4. 速度继电器

速度继电器的输入量是转速。速度继电器一般和电动机同轴安装，用以控制电动机的转速或作为电动机停止时反接制动之用。当电动机转速达到某一数值时（一般为 120r/min），速度继电器动作，它的常开（或常闭）触点闭合（或断开），从而达到接通或断开控制电路的目的。当转速降至某一数值时（一般为 100r/min），它的常开、常闭触点复位。

速度继电器一般有两对常开常闭触点。一对用于电动机的正转，即在电动机正转速度达到 120r/min 时，常开触点闭合，常闭触点断开。当电动机停止时，其转速下降至 100r/min 时，常开触点复位断开，常闭触点复位闭合。同理，另一对触点用于电动机的反转控制。

速度继电器在机床控制中主要用于机床停止时的反接制动以及在其他控制电路中将电动机的转速限制于某一数值。

常用的速度继电器有 JY1、JFZ0 型。图 1-31 为 JY1 型速度继电器的结构示意图。其转子的轴与被控制电动机的轴连接，而定子空套在转子上。当电动机转动时，速度继电器的转子随之转动，定子内的短路导体便切割磁场，产生感应电动势，从而产生电流；此电流与旋转的转子磁场作用产生转矩，使定子开始转动，当转到一定角度时，装在轴上的摆锤推动簧片动作，使常闭触头分断，常开触头闭合。当电动机转速低于某一值时，定子产生的转矩减小，触头在弹簧作用下复位。

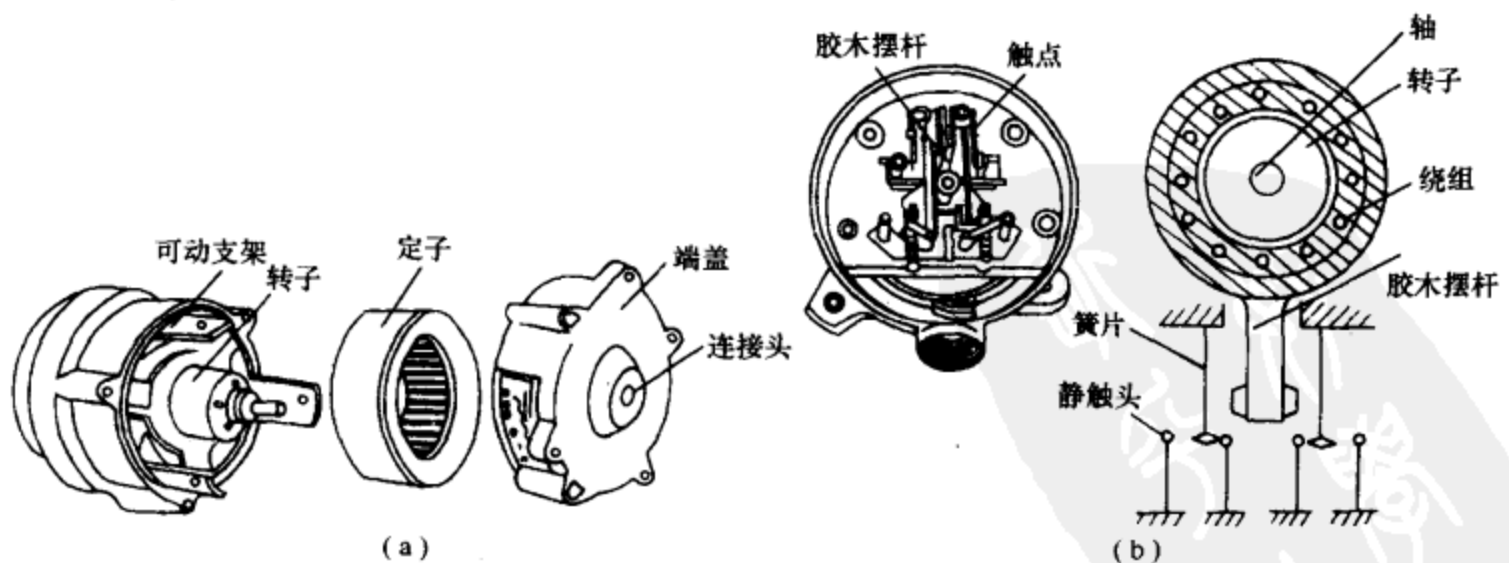


图 1-31 JY1 系列速度继电器的结构示意图

速度继电器的电路符号如图 1-32 所示。

5. 压力继电器

压力继电器的输入量为压力。压力源有气压、水压和油压等。当系统压力达到一定

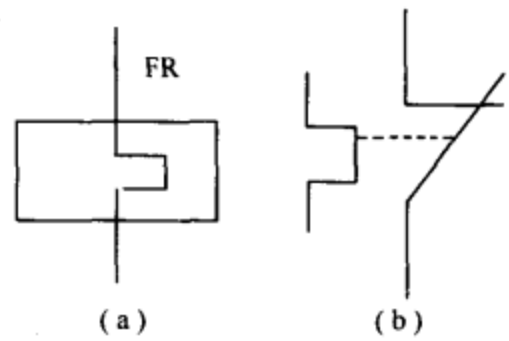


图 1-30 热继电器的电路符号
(a)热元件；(b)常闭触头。

值时,压力继电器动作,从而由压力的变化控制所需控制的电路。压力继电器一般用于机床的气压、水压和油压系统中,在其他自动控制系统中也被广泛应用。常用的压力继电器有 YJ0、YJ1 型。压力继电器在电路中的符号如图 1-33 所示。

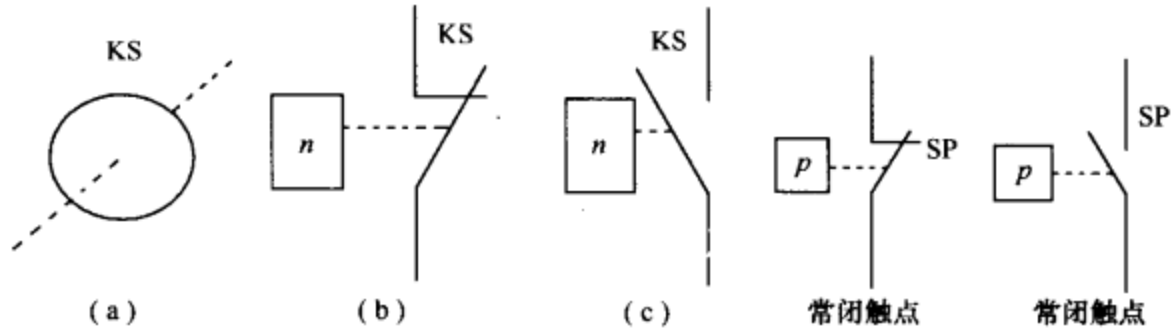


图 1-32 速度继电器的电路符号

图 1-33 压力继电器的电路符号

(a)转子; (b)常开触头;
(c)常闭触头。

6. 温度继电器

温度继电器是反映温度高低变化的继电器,它的输入量为温度。当温度高于某一数值时,继电器动作,用以控制所需控制电路的通、断。温度继电器一般用于测量电动机绕组的温升或其他重要元器件的温度并对其进行保护,以防它们由于温度太高而过热损坏。

常用的温度继电器有 JW1、JW2、JW3、JW4 系列。温度继电器在电路中的符号如图 1-34 所示。

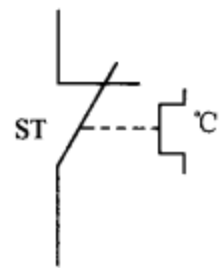


图 1-34 温度继电器在电路中的符号

七、电磁铁

电磁铁在电动控制系统中是一种将电磁能转换为机械能的电器元件,它主要由接触器或继电器控制其电源的通断。电磁铁有直流和交流之分,常用的电磁铁按其作用可分为牵引电磁铁、制动电磁铁和阀用电磁铁等。

电磁铁在电路中的符号如图 1-35 所示。



图 1-35 电磁铁在电路中的符号

1. 牵引电磁铁

牵引电磁铁在电气控制系统中主要用做推斥或牵引机械装置。它主要由铁芯、衔铁及线圈组成。线圈通电后,由铁芯吸引衔铁,对机械装置进行牵引。常用的牵引电磁铁有 MQ1、MQ3 系列。

2. 制动电磁铁

制动电磁铁和牵引电磁铁没有本质上的区别,也都是由线圈通电后,铁芯产生吸力,吸引衔铁,由衔铁牵引抱闸装置,对电动机进行抱闸或松开抱闸。制动电磁铁有交、直流之分,有单相和三相之分,还有通电抱闸和断电抱闸之分。一般情况下采用断电抱闸电磁铁,即电动机通电时,制动电磁铁线圈也得电,此时抱闸松开;当电动机失电时,制动电磁铁线圈也失电,抱闸装置在弹簧力的作用下,将电动机轴抱住,制动电动机,使电动机迅速停转。

制动电磁铁一般用于起重、机床控制等制动中,常用的有单相电磁铁 MZD1 系列及三相电磁铁 MZS1 系列。

3. 阀用电磁铁

阀用电磁铁主要应用于电磁换向阀中。电磁换向阀在机床的液压系统中常用来改变液体的流动方向、液体分配、接通及关闭油路等。阀用电磁铁有交流和直流之分,视其控制系统所用电源而选定。

八、启动器

1. 磁力启动器

磁力启动器是在交流接触器的基础上生产出来的,内部由交流接触器及热继电器组成,因此,磁力继电器除具有交流接触器的特点外,还具有过载保护功能。

在磁力启动器中,交流接触器用来闭合或分断电源电路,并配有熔断器进行短路保护;而热继电器则用做过载保护,当电动机过载时,工作电流超过额定电流,能自行切断电源,避免了电动机的过热损坏。

常用的磁力启动器的主要有 QC1 及 QC10 型。热继电器常用的型号为 JR15 型,它主要由加热元件、双金属片、推板、推杆、动静触头等零部件组成。它组装在磁力启动器中时,将热继电器的两个加热元件串接于主电路中,如图 1-36 所示。

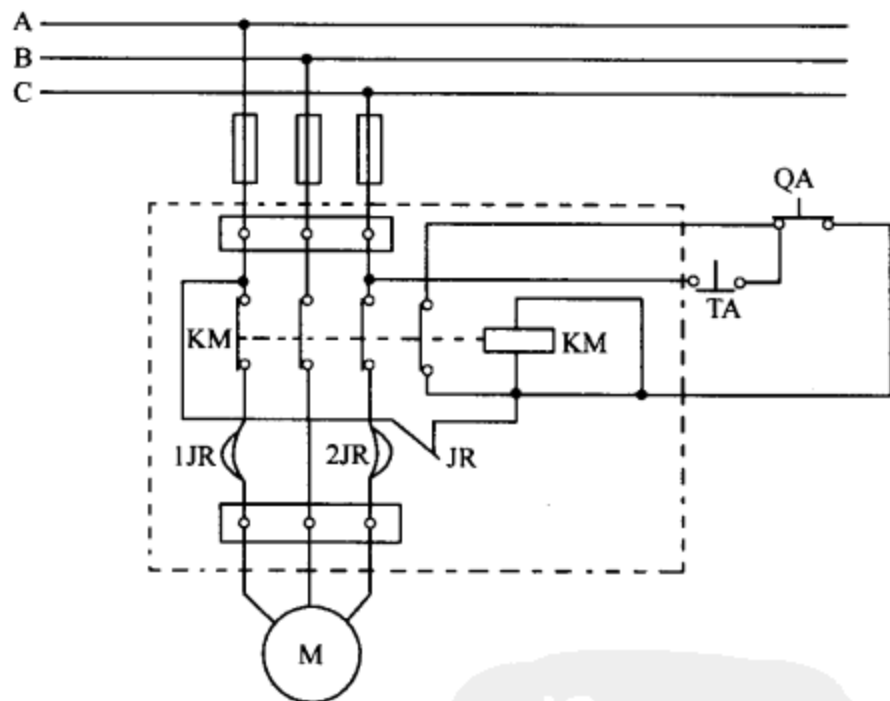


图 1-36 磁力启动器

图中,半圆弧表示加热元件 1JR、2JR;在控制电路中有一个常闭合的动断触点 JR。热继电器的动作原理,是根据膨胀系数不同的两种金属压合在一起而成的双金属片,当受热膨胀变形后,按照一定方向弯曲而移动,推动推板、推杆等使闭合的动静触头打开,从而切断电源来实现的。当电动机过载时电流变大,大电流使加热元件 1JR、2JR 加热,双金属变形推动有关零部件动作,使其常闭触点 JR 断开,于是接触器 KM 线圈失去电流,就自动地将主电路断开,达到保护电动机的目的。热继电器中还设有其他功用的一些装置,比如信号装置,当继电器动作时信号装置的接点接通,从而发生事故信号;又如复位装置,按动它可使动断触头恢复原来位置(简称复位),即达到静动触头接合状态。

虽然热继电器具有过载保护功能,但它却不具备短路保护的功能。因为短路电流虽然很大,但从热元件发热使双金属片弯曲变形直到推动各机构动作使电路切断电源,需要一段时间,在这段时间内很大的短路电流足以烧毁电动机。所以使用磁力启动器时,必须在主电路中装置适当的熔断器作为短路保护。为此在实际工作中,在磁力启动器与电源之间应安装一刀闸开关。这样在刀闸中可安装熔丝,同时,当检修磁力启动器时,还可拉开刀闸,使磁力启动器脱开电源,保护维修安全。

磁力启动器按所控制电动机的功率大小分类,有 1 个~7 个等级,并有开启式及保护式两种。磁力启动器的额定电压分为 36V、110V、127V、220V、380V 及 500V 六个等级。

2. Y- Δ 启动器

Y- Δ 启动器是电动机降压启动设备之一,适用于定子绕组做 Δ 连接的鼠笼式电动机的降压启动。它在电动机启动时将绕组连接成 Y 形,使每相绕组的线电压从 380V 降低到相电压 220V,从而减小启动电流。当电动机转速升高接近额定值时,通过手动或自动将其绕组切换成 Δ 连接,使电动机每相绕组在 380V 线电压下正常运行。

Y- Δ 启动器的体积小、成本低、寿命长、动作可靠,因此,Y- Δ 启动器得到了广泛的应用。Y- Δ 启动器有铁壳式及油浸式两种。其中,铁壳式启动器,操作手柄在壳体外部,通断电路的触头在壳体里面,因此操作较为安全。铁壳式 Y- Δ 开关实际上就等于一个倒顺双掷开关,不能切断大电流,所以只能用于启动较小容量的电动机。油浸式 Y- Δ 启动器的触头浸渍在绝缘油中,操作时所引起的电弧能够很快熄灭,因此可以用于较大容量的电动机。

为了接线方便,铁壳有专用的出线孔,能引出 9 根线,每根线头上都有标记:接电源的为 L1、L2、L3 或标 A、B、C;接电动机的为 D1、D2、D3、D4、D5、D6 或标 1、2、3、4、5、6,这种启动器由于有 9 根线,因此也称九线闸。手柄搬动的位置有三种:0、Y、 Δ ,电动机停止时手柄在 0 位置;启动时手柄扳到 Y 位置;使电动机启动起来接近额定转速时,手柄扳至 Δ 位置,电动机进入正常运行状态。

常用的铁壳式启动器型号有 QX1-13 的 QX1-30 两种,QX1-13 型没有灭弧罩,只能启动 13kW 以下的电动机。

注意事项 利用 Y- Δ 启动器的电动机,不管其容量如何,都必须在正常运行时三相绕组是三角形接线;对于星形接线的电动机,不能用 Y- Δ 启动器。

3. 启动补偿器

启动补偿器是电动机启动时利用自耦变压器降低电动机电压的启动设备。将电源接在自耦变压器的高压侧,其低压侧接电动机。整个补偿器全装在一个壳体中,外壳右侧有停止按钮和操作手柄。如需停机,按一下停止按钮即可。操作手柄有“停止”、“启动”、“运行”三个位置。外壳的右侧又有出线孔,以便电动机与电源的导线穿入壳内接线。壳体背部有支架,可以安装在墙上。补偿器的底部是油箱,其内装满绝缘油,主触头浸在油中,以便触头切断电源时产生的电弧可以被熄灭。补偿器主要由自耦变压器、保护装置、触头机构和操作部件组成。保护装置有过载保护和欠压保护两种。过载保护是利用双金属片热继电器来完成,也有用过电流继电器的,当电流增大到额定电流 1.2 倍时,可以自动跳闸停机。欠压保护是利用专用的铁芯线圈吸引衔铁来实现的。铁芯线圈跨接在两相之间,在正常电压下铁芯线圈所产生的电磁吸力,足以吸住衔铁;当电源电压降低到额定电压的

65%~35%时,线圈磁场因电压过低而大大减弱,因此就吸不住衔铁,且通过操作机构补偿器跳闸,防止电动机因电压太低而烧坏。当突然停电时,也可使补偿器掉闸,这样在恢复供电时,可以防止电动机全压启动而发生事故。补偿器还安装有联锁机构,它的作用是防止误操作。当手柄放在“停止”位置时,如果错误地将手柄从停止位置推向“运行”位置时,联锁机构会挡住手柄不能实现;只有先把手柄推向“启动”位置,然后才能到“运行”位置,从而可以防止因误操作而造成电动机直接启动故障。

使用较多的补偿器主要有 QJ2 及 QJ3 两种系列,补偿器因内部有油,安装时不要倾斜,一般倾斜度不应超过 5°。正常运行时保护触头浸在油内,以保证油的清洁,防止水分和杂物侵入等。使用时应当注意的是抽头位置:QJ3 系列有个两抽头(65%、80%),出厂时接在 65%抽头上;QJ2 系列有三个抽头(73%、64%、55%),出厂时接在 73%抽头上。

九、频敏变阻器

频敏变阻器是一种广泛用于使绕线式异步电动机平滑启动的变阻器。它的结构类似没有副绕组的三相变压器,但铁芯由 E 形和条形(作磁轭用)厚钢板叠装而成,有时条形磁轭用整块低碳钢制成,在 E 形铁芯和磁轭之间有非磁性垫片,可以调整磁路的气隙长度;绕组有几个抽头供选用,三相绕组一般呈星形(Y)连接。BP1 系列频敏变阻器的外形和结构原理图如图 1-37 所示。

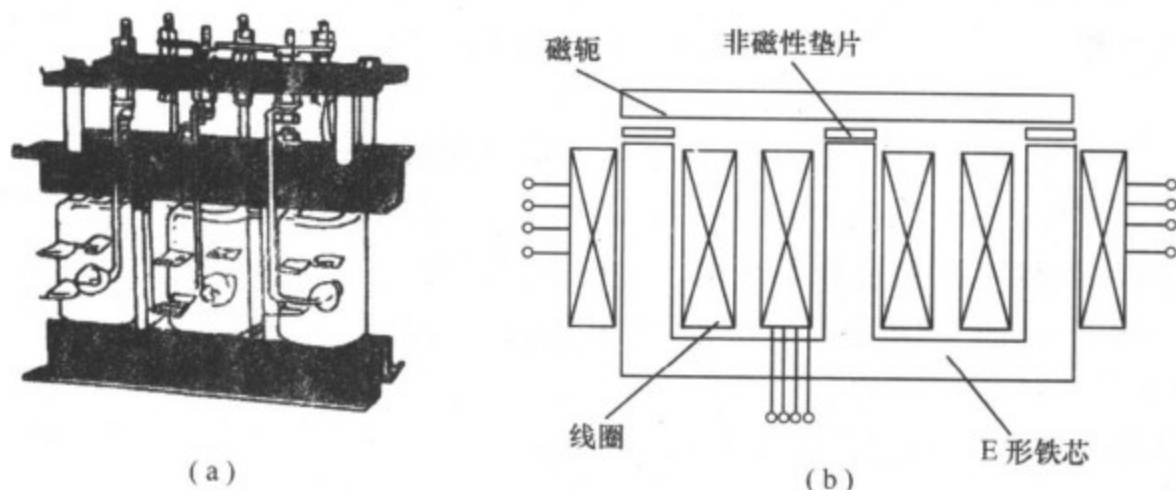


图 1-37 频敏变阻器的外形与结构原理图
(a)外形;(b)结构原理。

频敏变阻器的三相绕组通入交流电时,在铁芯中产生交变磁通,因为铁芯是采用厚钢板做成,所以磁滞涡流损耗很大,那么绕组的励磁电阻就很大。交流电的频率越高,产生的磁滞涡流越大,绕组的励磁电阻就越大,也就是频敏变阻器的等效阻值越大。

频敏变阻器接入绕线式异步电动机的转子回路后,在电动机刚启动时,转子回路的电流频率最高,等于交流电源的频率,这时频敏变阻器的等效阻值最大,既限制启动电流,又增大启动转矩;随着转子转速的升高,转子电流频率逐渐降低,频敏变阻器的等效阻值也逐渐减小。因此,电动机在整个启动过程中能始终保持较大的电磁转矩。电动机启动结束后,转子电流频率很低,频敏变阻器的等效阻值也很小,自动不起作用,这时频敏变阻器便从转子回路中切除。

频敏变阻器有 BP1、BP2、BP4 和 BP6 等几个系列。其中 BP2 系列适用于轻载偶尔启动;BP4 系列适用于重载偶尔启动;BP6 系列是改进型产品,它的功率因数在相同条件下

优于其他系列。

第三节 电动机维修基础知识

“工欲善其事,必先利其器”。要想快速、准确地查找电动机故障,安全、顺利地修复电动机,不仅要掌握电动机的结构与原理,而且还要熟悉常用仪表和工具的使用技巧,并具备一定的检修方法和故障处理技巧。

一、电动机常用维修仪表

在电动机维修中,常用的维修仪表主要有万用表、兆欧表和钳形电流表等。下面分别进行介绍。

1. 万用表

万用表是一种可以进行多种项目测量的便携式仪表,除可以测量电流、电压、电阻外,还可以粗略测量和判断电容的好坏,是电动机维修人员的必备工具之一。

万用表有指针式和数字式两类。常见的指针式万用表有:500型、MF500-B型、MF47型、MF64型、MF50型、MF15型等,常见的数字式万用表有:DT890、DT890D、DT830、DT9101、DT9102、DT9103等。指针式万用表使用方便、价格便宜、性能稳定,不易受外界环境和被测信号的影响,可以直观形象地观察变化的趋势;而数字式万用表测试精度高、测量范围宽、显示清晰、读数准确,能准确进行电容容量和小电阻值的测量。这两类万用表各有所长,在使用的过程中不能完全替代,要取长补短、配合使用。指针和数字万用表的具体使用方法不再详细介绍。

2. 兆欧表

指针式兆欧表在使用时必须摇动手把,所以又叫摇表。它是一种测量高电阻的仪表。在电动机维修中,常用兆欧表测量电动机的绝缘电阻和绝缘材料的漏电电阻。

兆欧表主要由三部分组成:手摇式直流发电机、双线圈磁电式流比计、测量线路接线柱(L、E、G)。其中手摇式发电机靠手进行摇动时可发出数十至数千伏的直流电压,它是测量电路的电源,双线圈磁电式流比计是测量显示部分,测量线路是为了满足测量要求而设计的线路,三个接线柱分别与被测设备的不同部分连接。

兆欧表常用规格主要有100V、250V、500V、1000V、2500V和5000V等几种规格,选用时,要使兆欧表的输出电压高于被测设备的额定电压,但不能高得太多,否则,在测试中可能损坏被测电气设备的绝缘,一般测量额定电压500V以下的电动机,用500V兆欧表;500V~3000V的电动机,用1000V兆欧表;3000V以上的电动机,用2500V兆欧表。

1) 兆欧表的使用方法

使用兆欧表测量绝缘电阻时,必须先切断电源,然后用绝缘良好的单股线把两表线(或端钮)连接起来,做一次开路试验和短路试验。如图1-38所示。当两测量表线开路时,摇动手柄,表针应指向无穷大;如果把L、E两测量表线迅速短路一下,表针应摆向零线。如果不是这样,则说明表线连接不良或仪表内部有故障,应排除故障后再测量。

测量绝缘电阻时,要把被测电器上的有关开关接通,使电器上的所有电气件都与兆欧表的表线有导线连接。如果有的电气件或局部电路不和兆欧表的表线相通,则这个电气

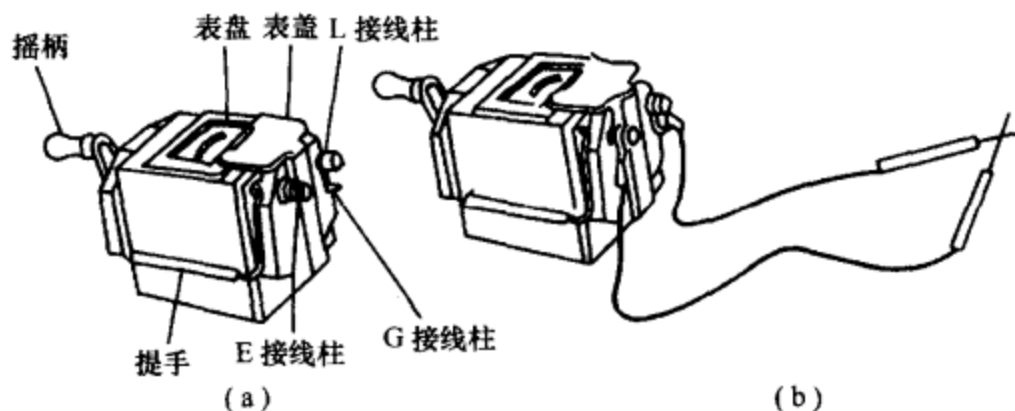


图 1-38 兆欧表开路 and 短路试验

(a)外形与开路试验；(b)短路试验。

件或局部电路就没被测量到。兆欧表有三个接线柱，即接地柱 E、电路柱 L、保护环柱 G，其接线方法依被测对象而定。测量设备对地绝缘时，被测电路接于 L 柱上，将接地柱 E 接于地线上，如图 1-39(a)所示。测量电动机与电气设备对外壳的绝缘时，将绕组引线接于 L 柱上，外壳接于 E 柱上，如图 1-39(b)所示。测量电动机的相间绝缘时，L 和 E 柱分别接于被测的两相绕组的引线上。测量电缆芯线的绝缘电阻时，将芯线接于 L 柱上，电缆外皮接于 E 柱上，绝缘包扎物接于 G 柱上，有关测量接线如图 1-39(c)所示。

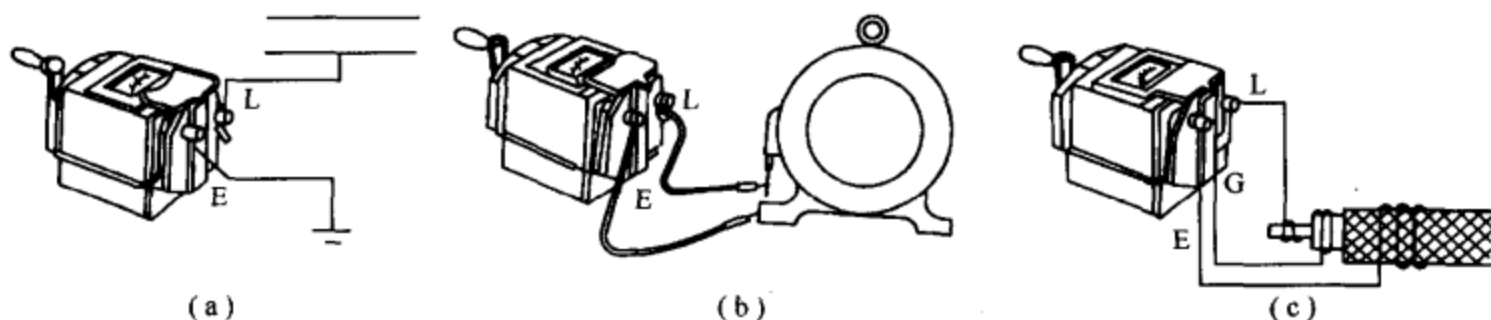


图 1-39 兆欧表的接线

(a)测量设备对地绝缘；(b)测量电动机与电气设备对外壳的绝缘；(c)测量电缆芯线的绝缘电阻。

利用兆欧表还可以检查电动机绕组的断路故障，若绕组中有断路，表针将指在无穷大的位置上；若没有断路，则当稍微摇动手柄，表针便迅速偏转到“0”位。

2) 兆欧表使用注意事项

(1)兆欧表三个接线柱至被测物体间的连接导线，必须使用绝缘良好的单股多芯线，不能使用双股并行导线或胶合导线。

(2)兆欧表的量限要与被测绝缘电阻值相适应，兆欧表的电压值要接近或略大于被测设备的额定电压。

(3)用兆欧表测量设备绝缘电阻时，必须先切断电源。对于有较大容量的电容器，必须先放电后检测。

(4)测量绝缘电阻时，应使兆欧表转速在 120r/min，一般以兆欧表摇动 1min 时测出的读数为准，读数时要继续摇动手柄。

(5)兆欧表在停止转动之前，由于其输出端钮上有直流高压，所以，切勿用手触及接线柱和设备的测量部分。

(6)测量中，若表针指示到零，则应立即停摇，如果继续摇动手柄，则有可能损坏兆欧表。

(7)测量完毕，应对设备充分放电，否则，容易引起触电事故。

3. 钳形电流表

电动机检修工作中常用的钳形电流表,又称卡表,用于测量交流电流,一般在 500V 以下的电压电路测量中使用。

1) 结构原理

钳形电流表由磁电式电流表、电流互感器铁芯及二次绕组、胶木手柄等组成,如图 1-40 所示。

测量时,将钳口打开,把被测载流导线放在电流互感器铁芯的中间,然后闭合钳口。在电流的作用下,电流互感器铁芯中产生了交变磁场,交变磁场又使二次绕组中产生与载流导线有一定比值关系的电流。用磁电式电流表测得二次绕组的电流值,便可确定载流导线中的电流。

2) 使用方法

测量时,先将转换开关旋转至比预测电流大的量程上,然后用手握住胶木手柄,收拢四指,钳口打开,将被测导线放入铁芯钳口后松开四指,使铁芯闭合,这时从表头中读出的数值,即为被测导线中的电流值。若要测量较小的电流,则可将导线在钳形铁芯上绕几圈,这时,指针便停留在较大电流的数值上。把测得的电流值除以绕在钳形铁芯上的导线匝数,即是该导线的电流值。

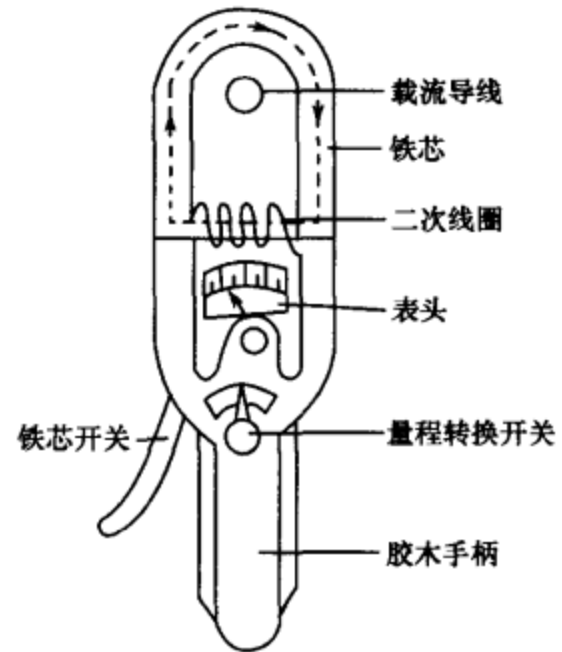


图 1-40 钳形电流表

3) 注意事项

(1) 为使读数准确,钳口的两表面应紧密闭合。如果有杂声,可将钳口重新开合一次;如铁芯仍有杂声,应将钳口铁芯两表面上的污垢擦净再测量。

(2) 进行电流测量时,被测载流导线的位置应放在钳口中间,以免产生误差。

(3) 测量前应先估计一下被测电流的数值范围,以选择合适的量程,或先选用较大的量程测量,然后再视电流的大小选择适当的量程。

(4) 测量后,应把调节开关放在最大的电流量程上,以免下次使用时由于未经选择量程而损坏仪表。

二、电动机常用维修工具

维修电动机的电工工具可分为通用电工工具和专用工具两大类,下面分别进行介绍。

1. 通用电工工具

通用电工工具是指维修电工的常用工具,主要包括试电笔、钢丝钳、螺丝刀、活口扳手、电工刀和电烙铁等。

1) 试电笔

试电笔是一种测试导线和电气设备是否具有较高对地电压的工具,是安全用电必备的工具。

试电笔由氖管、 $2\text{k}\Omega\sim 5\text{k}\Omega$ 电阻、弹簧和笔身等部分组成,常见的有钢笔式和螺丝刀式两种。例如,505 型、111 型为钢笔式;108 型和 301 型为螺丝刀式,其结构外形如图

1-41所示。

使用试电笔时,手的握法必须正确。正确的握法是用拇指和中指握住试电笔的塑料凿柄或笔杆,食指按在金属笔夹或铜铆钉上,用凿头或笔尖去接触被测的导线或器具,如图 1-42 所示。当线路或器具有泄漏电流时,泄漏电流经氖管和电阻及人体对地电容入地。试电笔内阻很大,经人体的电流虽很小,但很小的电流就可使试电笔上的电压达到起辉电压(一般为 70V 左右),这就是试电笔的测试原理。如氖管发亮,则说明有电。

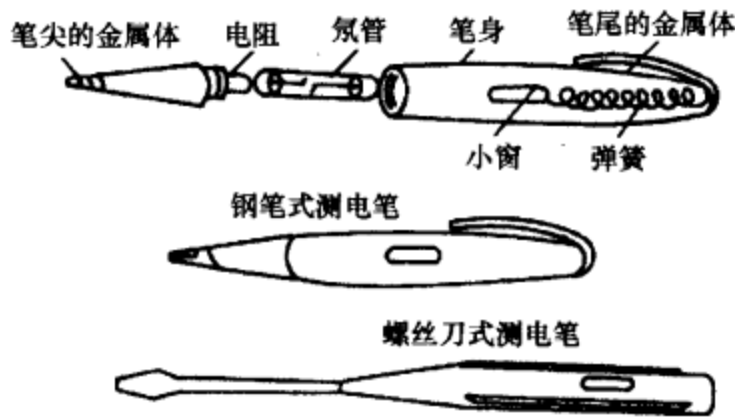


图 1-41 试电笔的结构外形

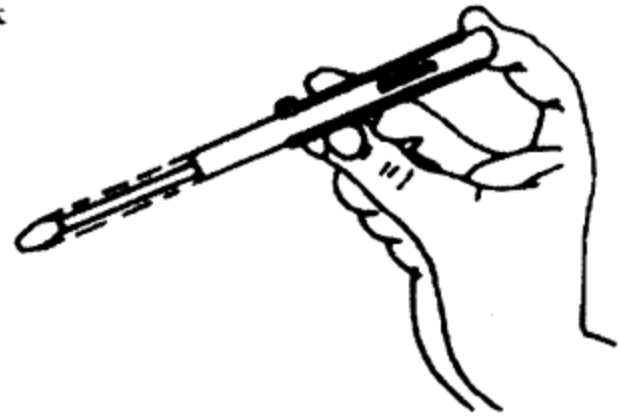


图 1-42 试电笔的正确握法

用试电笔测试时,一定要有一个手指按在钢笔夹或铜铆钉上,否则即使有电,氖管也不会发亮。这样,就会错误地把有电当成没有电而发生危险。每次使用试电笔时,最好事先在确实带电的开关或插座处预测一下,如果氖管发光,说明试电笔良好,然后再来使用。

需要说明的是,为了防止笔尖金属体触及人手造成触电,螺丝刀式试电笔的金属杆上必须套上绝缘套管。

试电笔具有以下几个方面的作用:

(1)判断相线和零线。在交流电路中,用试电笔触及导线或插座时,发亮的为相线,不发亮的为零线(必须在零线完好的情况下)。

(2)检查相线或零线断路。在单相电路中,用试电笔测单相电源回路的相线和零线,氖管均发亮说明零线断路;氖管都不发亮说明相线断路。

(3)区别交流电和直流电。当测试交流电时,氖管二极都发亮;测试直流电时,仅一极发光,而且是负极发光,以此还可区别直流电的正负极。

(4)区别电压的高低。经常是自己使用的试电笔,可根据氖管发光的强弱来判断电压的高低。

(5)检查导线和电器绝缘是否良好。对电压在 500V 以下的交、直流导线或电器,绝缘正常时用试电笔测试其外皮或外壳时,氖管不亮;当由于某种原因(如受潮或绝缘老化、损伤),使绝缘性能下降或损坏以及接线错误(相线与零线接反)时,氖管发亮,其亮度与电压成正比,电压越高则氖管亮度越高。

(6)判断是漏电还是静电。用试电笔测试电器(电动机)外壳时,如果氖管发亮,说明外壳有电。为判定是漏电还是静电,可用一段两端剥去绝缘的导线(铜线,截面面积在 2.5mm^2 以上),一端先与地接触好,另一端在试电笔金属头上缠两圈,并留出 $3\text{mm} \sim 4\text{mm}$,然后将线头与带电电器外壳断续碰触几次,如有明显的火花和声响,就可判定为漏电;如果仅仅在开始有轻微的火花和声响,以后就再也没有了,试电笔的氖管也不亮了,则可认为是静电。

(7)检查电路故障。对于具体电路,可根据分析得出在正常状态和故障状态时电路各点的电压值,然后用试电笔去测试各点,根据氖管的亮与不亮,就可判断出电路中的元器件是否有短路、断路和接触不良等故障。

方法技巧 使用试电笔测试电器外壳的电压,是电器与大地之间的电压,只要这个电压达到试电笔的启辉电压,氖管发亮,就表明电器漏电。

当用试电笔测试电器外壳时,其电路可简化为图 1-43。电器内部带电体与外壳间的绝缘电阻为 R_1 , R_1 两端电压为 U_1 ,外壳对大地的绝缘电阻为 R_2 , R_2 两端电压(外壳对地电位)为 U_2 ,如果忽略分布电容,则 $U_2 = 220 \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$,当 U_2 大于 70V 时,试电笔即指示有电。这时,有下面两种情况。

第一种情况:电器有短路性或低电阻性漏电,但外壳和大地间的电阻很大(当外壳没有接地时),即 R_1 很小, R_2 很大,可使 U_2 很大,试电笔指示有电,这是正确的。因为 R_1 小,人触及外壳时有触电危险(取决于人和大地间电阻的大小)。在 R_1 很小时,如电器已接地,即 R_2 更小,可使 $U_2 < 70V$,用试电笔检查没有电。由于 $U_2 < 70V$,对人来说属于安全电压,可以认为是没“电”。

第二种情况:电器带电体和外壳间的绝缘电阻值 R_1 很大,外壳与大地间的绝缘电阻 R_2 也很大,设 $R_1 = 20M\Omega$, $R_2 = 10M\Omega$,则根据 $U_1 = 220 \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$, $U_2 = 220 \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 可得: $U_1 = 147V$, $U_2 = 73V$ 。此时,若用试电笔测外壳,氖管亮,指示有电。

当人体触及电器外壳时,其等效电路如图 1-44 所示。在 R_2 和人体电阻 R_r 组成的并联电路中,由于 $R_2 \gg R_r$,并联电阻可认为是 R_r 。这样,整个电路为 R_1 和 R_r 的串联电路,由于 R_1 为正常的绝缘电阻值,经 R_1 和 R_r 的泄漏电路为高电阻性漏电,漏电流远小于人的感知电流,对人无害。从电气安全角度来说外壳无电。这种由高阻性漏电和电容性漏电所形成的电压叫“虚电压”,也称之为“感应电”。

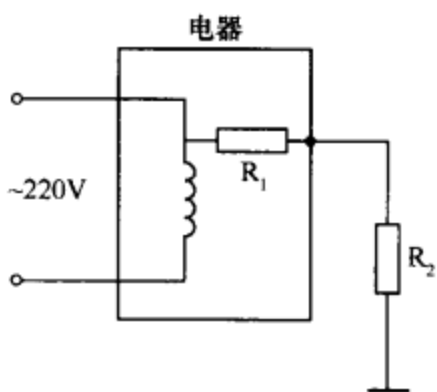


图 1-43 试电笔测试时电路图

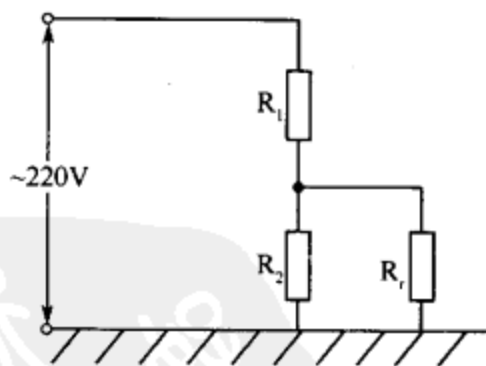


图 1-44 人体触及电器外壳时的等效电路

综上所述,试电笔只能检测是否有 70V 以上的对地电压,而不能测出泄漏电流和绝缘电阻的大小,不能判断漏电性质。

2) 钢丝钳

钢丝钳俗称钳子,是钳夹和剪刀工具,由钳头和钳柄两部分组成。

钢丝钳的功能有:钳口用来弯绞或钳夹导线线头,齿口用来紧固或起松螺母,刀口用来剪切导线或剖切软导线绝缘层,侧口用来侧切电线线心和钢丝、铝丝等较硬金属。钢丝钳的结构和使用时的握法如图 1-45 所示。

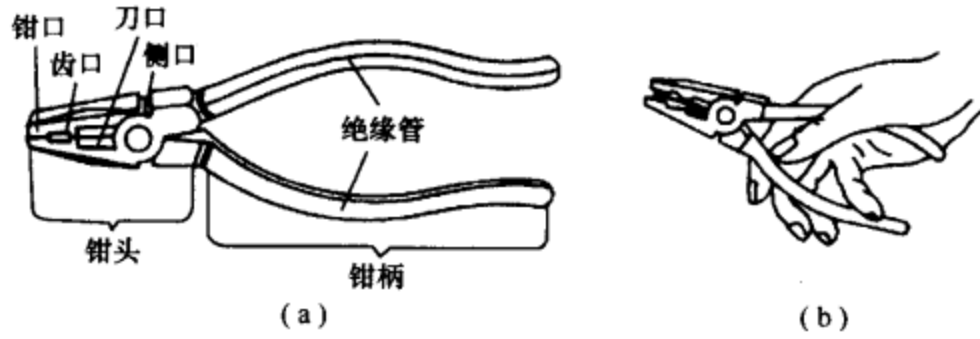


图 1-45 钢丝钳

(a)构造；(b)钢丝钳的握法。

与钢丝钳相近的还有剥线钳、尖嘴钳和斜口钳，如图 1-46 所示。

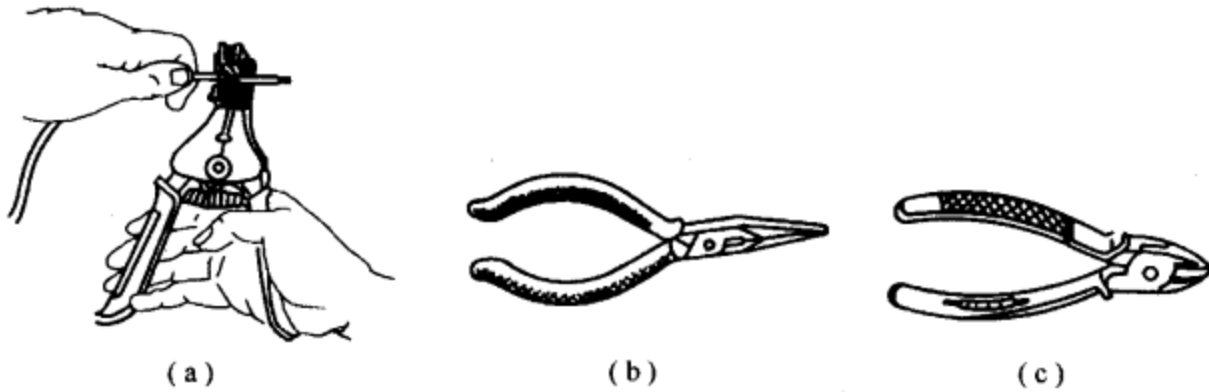


图 1-46 剥线钳、尖嘴钳和斜口钳

(a)剥线钳；(b)尖嘴钳；(c)斜口钳。

3) 螺丝刀

螺丝刀又称改锥、起子或旋凿，是一种紧固或拆卸螺丝钉的工具。主要有平口和十字口两种，手柄又分为木制手柄和塑料手柄两种，如图 1-47 所示。常用的螺丝刀规格有 50mm、100mm、150mm、200mm 等规格。为避免螺丝刀的金属杆触及皮肤及带电体，应在金属杆上穿套绝缘管。

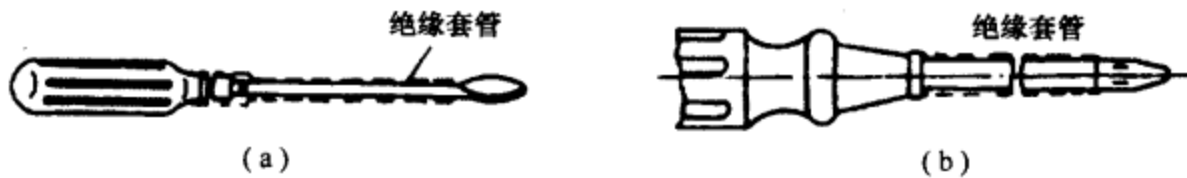


图 1-47 螺丝刀

(a)平口螺丝刀；(b)十字口螺丝刀。

4) 活络扳手

活络扳手简称扳子，其结构如图 1-48(a)所示，它的头部由定扳唇、动扳唇，蜗轮和轴销等构成。旋动蜗轮用来调节扳口大小。常用的活络扳手规格有 150mm、200mm、250mm 和 300mm 等，使用时可按螺母大小选用适当规格。扳拧较大螺母时，需较大力矩，手应握在手柄尾处，如图 1-48(b)所示；扳拧较小螺母时，需用力矩不大，但螺母过小容易打滑，宜按照图 1-48(c)所示的方法握把，这样可随时调节蜗轮，收紧扳唇防止打滑。

5) 电工刀

电工刀是用来剖削和切割电工器材的常用工具，外形如图 1-49 所示。使用时，刀口应朝外剖削，用毕，随即把刀身折进刀柄。电工刀刀柄结构是不绝缘的，不能在带电导线或器材上剖削，以防触电。

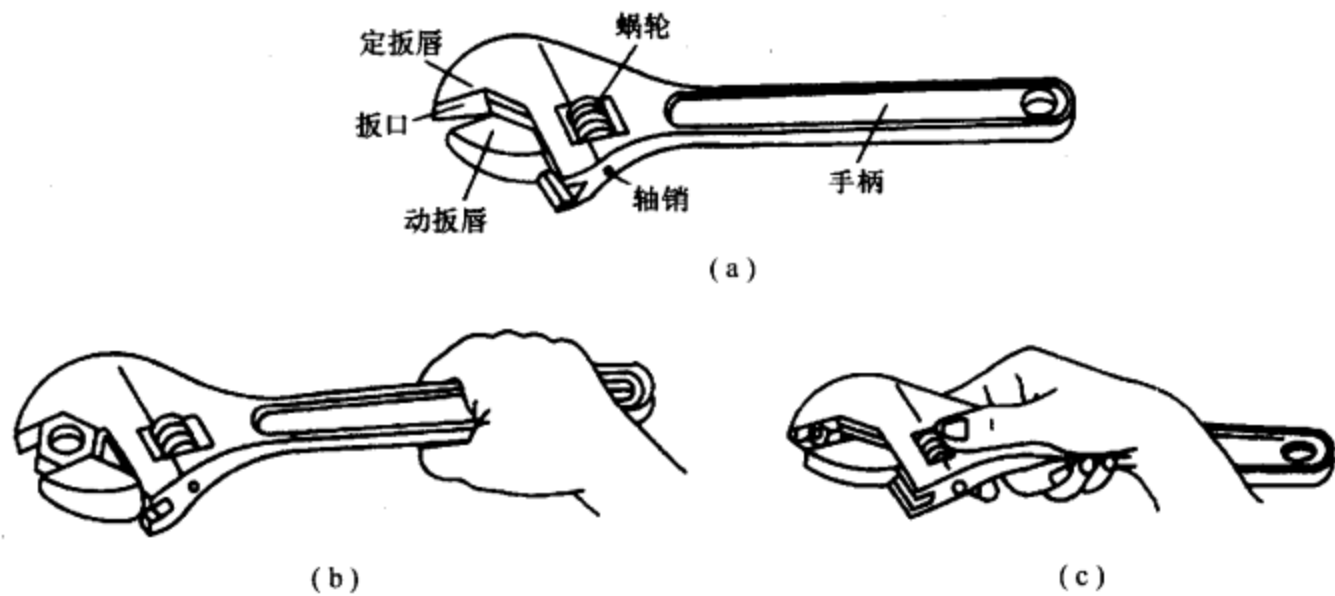


图 1-48 活络扳手

(a)活络扳手构造；(b)扳较大螺母时握法；(c)扳较小螺母时握法。



图 1-49 电工刀的外形

6)电烙铁

电烙铁是锡焊的专用工具,主要由手柄、电热元件、烙铁头等组成。根据烙铁头的加热方式不同,可分为内热式和外热式两种,外形和内部结构如图 1-50 所示,其规格以消耗的电功率表示,通常在 20W~300W 之间。在电动机维修中,一般采用 40W 以上的外热式电烙铁。

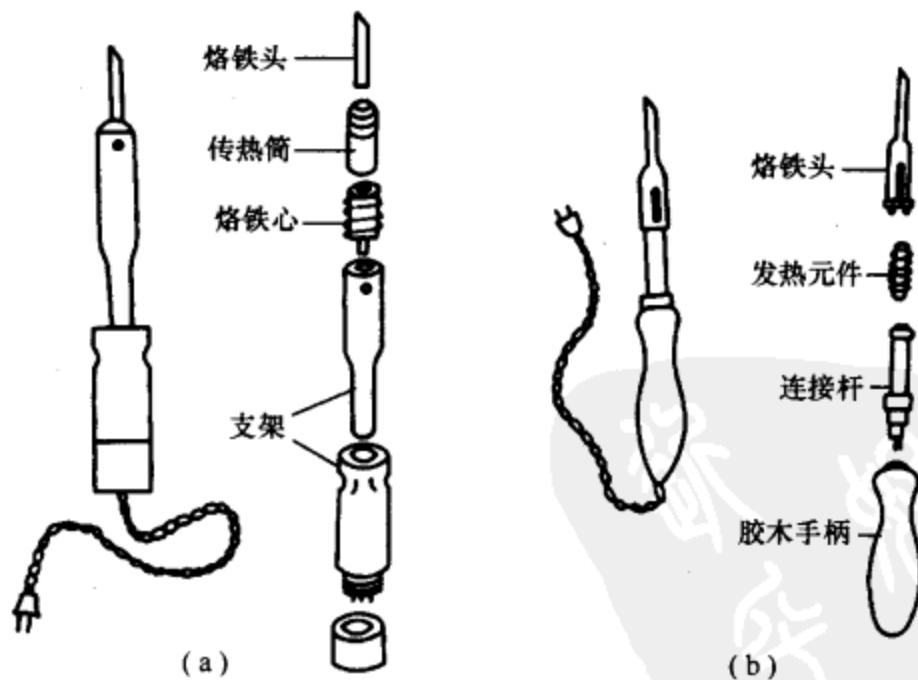


图 1-50 电烙铁

(a)外热式电烙铁；(b)内热式电烙铁。

7)试验灯

试验灯是电器修理人员自己制作的一种简易、直观的试验工具。常用的有两种:一种使用市电电源,由一只灯头、一只灯泡、两根导线和两支测试笔组成,如图 1-51(a)所示;

另一种以电池为电源，两支测试笔之间串接一节或几节干电池与小电珠，如图 1-51(b) 所示。

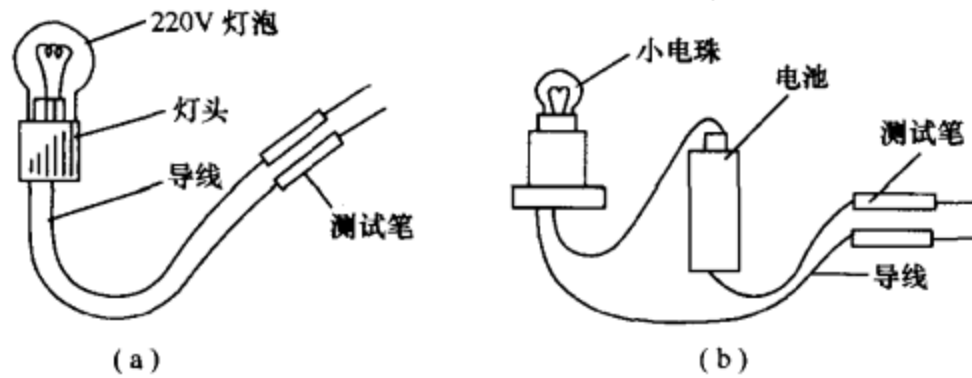


图 1-51 试验灯
(a)~220V; (b)干电池。

(1)220V 试验灯。220V 试验灯可用以检查 220V 电源电压、电路的通断、电气件内部电路的通断和电气件是否通地。为安全起见，一般将 220V 灯泡装上保护罩。检查时，将试验灯接入电源插座，如灯不亮，则是插座无电。灯亮，从灯的发亮程度可以判断出电源电压高低，亮则表示电源电压充足；暗则表示电源电压不足。

在接通电源后，将试验灯接在电路的不同部位，可知电源线是否导通，电路接点是否正常，各种开关是否正常接通。若采用较大功率的灯泡作试验灯，还可以检查出开关接点在大电流负荷下是否仍然接触良好。若试验灯接于开关前的地方较接于开关后的地方亮度更亮，则这开关显然不能用作大电流电路的控制开关。

对于单体的电气件，将试验灯串接于一根引出线上，然后接于市电电源上，如图 1-52 所示，依灯泡的亮与不亮即可判断电气件内部电路是否导通。如串接于开关的试验灯的亮度变差，则开关接触不良。串接于电气负载件中的试验灯的亮度变差，则是正常的。

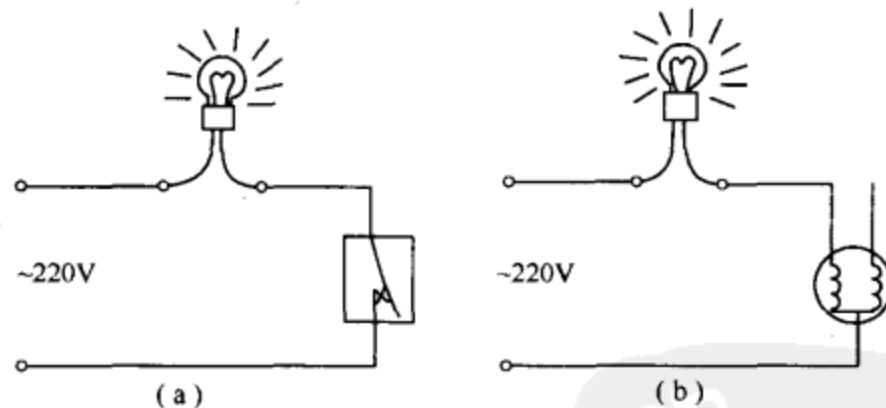


图 1-52 试验灯检查电气件
(a)检查开关; (b)检查电机绕组。

对于以市电为电源的电气件或电器，还可用试验灯来检查电气件或电器是否通地。检查方法是把试验灯接在外壳与大地之间，如图 1-53 所示。如果灯泡持续发亮，则是短路性漏电，即通地。灯泡越亮则通地越严重。如果灯泡不亮，再测外壳已无电(试电笔不亮)，则是静电。

(2)干电池试验灯。干电池试验灯可用来检查电路的通断、电气件内部电路的通断和负载件是否通地。使用时要把试验灯接成回路状态，如图 1-54 所示。如试验灯亮，则电路或电气件通，或电气件通地。

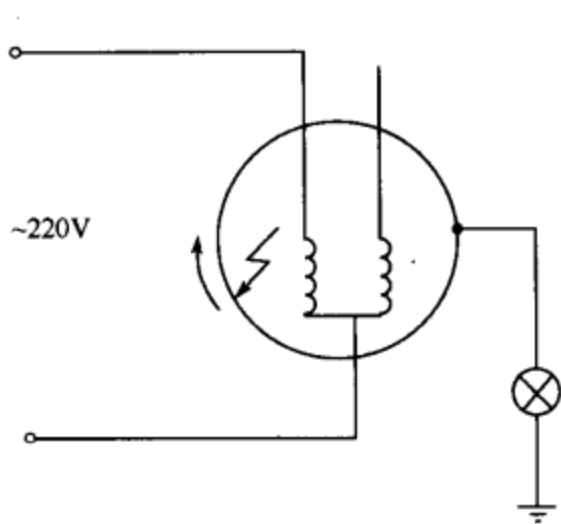


图 1-53 试验灯检查通地故障

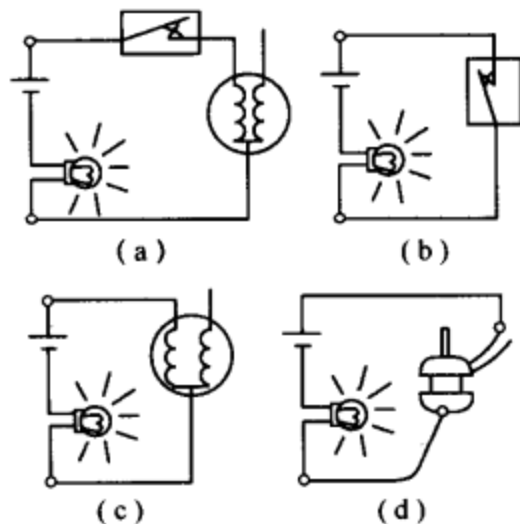


图 1-54 干电池试验灯的使用

(a)检查电路；(b)检查开关；

(c)检查电机绕组；(d)检查电机通地故障。

2. 电动机维修专用工具

专用电工工具是指电动机维修中的工具,包括嵌线工具、拆卸工具、拆线工具、绕线工具和测量工具等。

1) 嵌线工具

在嵌线过程中必须使用专用工具,才能保证嵌线质量。常用的嵌线工具有以下几种:

(1)划针。划针的形状如图 1-55 所示,划针尖端部分略薄而尖,表面光滑,用来在线圈和导线嵌好后卷包绝缘纸。

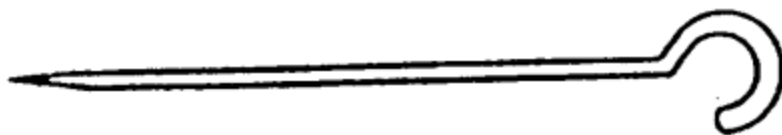


图 1-55 划针

(2)划线片。划线片的形状如图 1-56 所示,一般长约 20cm、宽为 1cm~1.5cm、厚 0.3cm,一端略尖,呈刺刀状。划线片一般用毛竹或压层塑料板削制而成,也可用不锈钢在砂轮上磨制而成。划线片的作用有两个:一是嵌线时将导线划入铁芯线槽;二是用来整理槽内的导线。

(3)压线板。压线板用来压紧嵌入槽内的线圈的边缘,把高于线圈槽口的绝缘材料平整地覆盖在线圈上部,以便穿入槽楔。压线板的压脚宽度一般比槽上部的宽度小 0.5mm 左右,而且表面光滑,如图 1-57 所示。

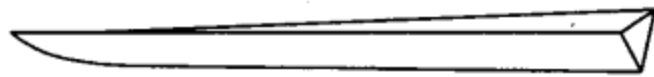


图 1-56 划线片

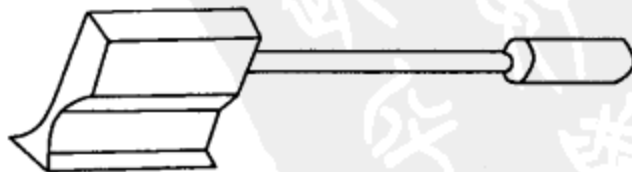


图 1-57 压线板

用于嵌线的工具还有整形锤、手术剪、打板等。

2) 拆卸工具

电动机的拆卸工具叫拉具,又叫拉拔或扒子,通常用来拆卸电动机的皮带轮和轴承等紧固件,拉具按结构不同,又分为三爪式和两爪式两种。