

维修电工技术

白春章 马效先 宋书芳 编

王正方 主审

电子工业出版社

(京)新登字055号

内 容 提 要

本教材在讲授变压器、电动机、低压电器和常用电工仪表的构造、工作原理及使用和维修等知识的基础上,重点讲授电气线路、电力拖动控制线路的安装与维修。同时对电力系统、工厂变电所和家庭用电系统及安全用电常识作了介绍。

本教材注重理论联系实际,突出了维修电工对常用电器的安装、使用与维修的特点,深入浅出,通俗易懂,是职业学校电子类专业的好教材,也可作为维修电工的培训教材及自学教材。

维 修 电 工 技 术

白春章 马效先 宋书芳 编

王正方 王申

责任编辑 王玉国

*

电子工业出版社出版(北京市万寿路)
电子工业出版社发行 各地新华书店经销
北京市燕山联营印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 11.125 字数 253千字
1990年9月第一版 1994年8月第五次印刷
印数: 60400—75400册 定价: 7.00元
ISBN7-5058-0882-3/TN·315

目 录

第一章 电工基础知识	1
第一节 常用元件.....	1
第二节 基本定律.....	11
第三节 磁场和磁路.....	17
第四节 单相正弦交流电.....	22
第五节 三相正弦交流电.....	25
习 题.....	34
第二章 变压器	35
第一节 变压器的构造.....	36
第二节 变压器的工作原理.....	39
第三节 变压器的接线方式.....	42
第四节 变压器的铭牌和容量选择.....	46
第五节 变压器的空载试验和短路试验.....	50
第六节 变压器的并联工作.....	53
第七节 变压器的保护装置.....	56
第八节 变压器的检查及故障处理.....	60
习 题.....	62
第三章 三相异步电动机	63
第一节 三相异步电动机的构造.....	63
第二节 三相异步电动机的工作原理.....	66

第三节	三相异步电动机的铭牌	70
第四节	三相异步电动机的启动	73
第五节	三相异步电动机的选择和使用常识	78
第六节	电动机在使用中的检查与维护	81
第七节	三相异步电动机的检修	84
第八节	异步电动机的常见故障及排除方法	90
第九节	附录: 短路侦察器使用方法	93
习 题		94

第四章 直流电动机.....95

第一节	直流电动机的构造和工作原理	95
第二节	直流电动机的分类和铭牌	99
第三节	直流电动机的机械特性	102
第四节	直流电动机的调速	104
第五节	直流电动机的启动	107
第六节	直流电动机的反转和制动	109
第七节	串励和复励直流电动机	111
第八节	直流电动机的使用和维护	113
习 题		116

第五章 常用低压电器..... 117

第一节	闸刀开关	117
第二节	转换开关	119
第三节	低压熔断器	122
第四节	交流接触器	126
第五节	自动开关	129
第六节	热继电器	131

第七节	时间继电器和速度继电器.....	134
第八节	低压电器的使用与维修.....	136
习 题		141
第六章	常用电工仪表	142
第一节	电工仪表概述.....	142
第二节	常用电工仪表的工作原理.....	148
第三节	几种常用的电流表、电压表和功率表.....	154
第四节	钳形电流表.....	164
第五节	摇表.....	167
第六节	电度表.....	174
第七节	万用表.....	181
第八节	直流电桥.....	189
第九节	其它常用电工仪表.....	194
第十节	电工测量的注意事项.....	199
习 题		200
第七章	电气线路的安装与维修	201
第一节	维修电工常用工具.....	201
第二节	常用电工材料.....	212
第三节	维修电工基本操作.....	223
第四节	一般电工基本操作.....	225
第五节	常用电子技术基本操作.....	239
第六节	电路图.....	247
第七节	基本电气线路安装.....	251
第八节	照明电路安装与维修.....	260
第九节	接地装置安装与维修.....	280

习 题	292
第八章 电力拖动控制线路	294
第一节 电力拖动概述	294
第二节 电气控制线路图	296
第三节 C620-1车床 电气 控制 线路	303
第四节 Z35 钻床电气控制线路	309
第五节 机床电气线路的安装与维修	317
习 题	323
第九章 电力系统和工厂变电所简介	325
第一节 电力系统概述	325
第二节 工厂变电所	327
习 题	332
第十章 安全用电	333
第一节 安全用电常识	333
第二节 触电紧急救护	336
习 题	342
参考文献	343

第一章 电工基础知识

维修电工要具备一定的基础理论作为实践操作的指南，以便研究、分析、解决在工作中所遇到的问题。电工基础包括的内容很多，我们将维修电工所必须掌握的基本定律、基本理论进行归纳和总结。这一章作为维修电工的基础知识，首先介绍电路中常用的电阻、电容、电感等元件，阐述有关电路的三个基本定律，之后讨论有关磁场、单相正弦交流电和三相正弦交流电。

第一节 常用元件

一、电阻器

电阻器简称电阻。它是由电阻率不同的材料制成。每一个电阻都有一定的电阻值。

1. 电阻的分类

按照制做材料不同，电阻可以分为碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻等；按照用途不同，除了普通电阻外，还分为热敏电阻、光敏电阻、保险丝电阻等；按照结构的特点，电阻又分为固定电阻、可变电阻和电位器等。维修电工经常接触的是碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻等。电阻在电路用字母“ R ”表示，常见电阻的外形及符号如图1-1所示。

2. 电阻的性能参数

电阻的性能参数主要有电阻标称阻值、误差和额定功

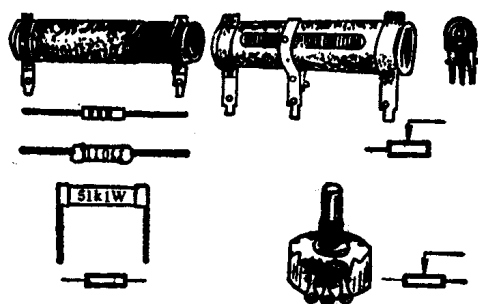


图1-1 各种电阻的外形及符号

率。

(1) 电阻的标称阻值和误差。在电阻上标注的阻值数叫做标称阻值，它的单位是欧姆，简称欧，用符号“ Ω ”表示。较大的电阻值可用千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）表示。它们之间的关系是

$$1\text{千欧} = 10^3\text{欧}$$

$$1\text{兆欧} = 10^6\text{欧}$$

电阻的实际阻值与标称阻值之差称为误差。它表示某一电阻标称阻值的精度。一般电阻的误差分为三个等级，即一级误差范围为其标称阻值的 $\pm 5\%$ ；二级误差范围为 $\pm 10\%$ ；三级误差范围为 $\pm 20\%$ 。除此精度较高的电阻其误差为 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 等。

(2) 电阻的额定功率。电阻在正常工作时允许消耗的最大功率叫做电阻的额定功率，也叫耐热功率。电阻的额定功率与它所用材料和体积大小有关。一般说，线绕电阻的额定功率较大，体积大的电阻的额定功率也较大。在使用过程中

电阻实际消耗的功率超过其额定功率，就会使电阻的温度升高而引起阻值的变化，严重时烧毁电阻。为了保证安全可靠，通常所用电阻的额定功率应比实际消耗的功率大100%到200%，电阻额定功率的标称值有1/8瓦、1/4瓦、1/2瓦、1瓦、2瓦、5瓦、10瓦等。图1-2所示为常用电阻额定功率的表示法。

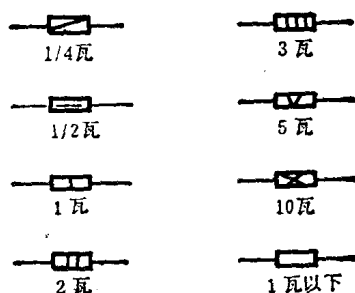


图1-2 常用电阻额定功率表示法

3. 色环标值识别法

较小的碳膜电阻阻值及误差，一般用色环来表示。即在电阻的一端上画有三道或四道色环，如图1-3所示。



图1-3 电阻色环标值法

紧靠电阻端的为第一色环，其余依次为第二、三、四色环。第一色环表示阻值第一位数字，第二色环表示阻值第二位数字，第三色环表示阻值末尾有几个零，第四色环表示阻值的误差。色环的颜色所代表数字意义见表1-1。

例如有一只电阻有四个色环，其顺序为棕、绿、黄、银。这个电阻的阻值就是150 000欧，误差为 $\pm 10\%$ 。另一只电阻有红、紫、黑三道色环，其阻值则为27欧，误差 $\pm 20\%$ 。

表 1-1 色环所代表数及数字意义

色 别	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 应乘位数	第四色环 误差
棕	1	1	10	—
红	2	2	100	—
橙	3	3	1 000	—
黄	4	4	10 000	—
绿	5	5	100 000	—
蓝	6	6	1 000 000	—
紫	7	7	10 000 000	—
灰	8	8	100 000 000	—
白	9	9	1 000 000 000	—
黑	0	0	1	—
金	—	—	0.1	±5%
银	—	—	0.01	±10%
无色	—	—	—	±20%

4. 电阻的作用及使用

电阻的主要作用有：降低电压、分配电流、限制电流和分配电压。另外与电容器和电感线圈还能组成具有某种功能的电路。

使用电阻时应注意以下几个问题：

(1) 根据电路需要选择适当种类的电阻，并决定电阻的标称阻值、误差和额定功率。

(2) 电阻可串联或并联使用。串联时，其等效阻值为各串联电阻值之和，即

$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

串联电路中，电阻值越大，所消耗的功率也越大。

并联时，等效电阻值减小，总等效电阻与各并联电阻的关系为

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

在并联电路中，电阻值小的电阻所消耗的功率最大。

(3) 额定功率较大的线绕电阻，在使用时应固定在特制支架上，同时留有一定的散热空间，防止电阻温度过高或烧坏其它元件。

(4) 安装小型电阻时，引线不要过短，避免在焊接时热量传入电阻内部，引起阻值变化。同时电阻的放置也应使它的标志易于观察，以便于核对。

二、电容器

1. 电容器的特性

电容器是由两个彼此绝缘而又互相靠近的导体组成。这两个导体叫做电容器的两个极板，中间的绝缘材料叫做电介质，如图1-4所示。

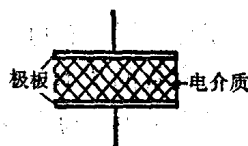


图1-4 电容器的结构

电容器的基本特性就是能够储存电荷。当把电容器的两个极板分别接到直流电源的正负极时，如图1-5所示，由于

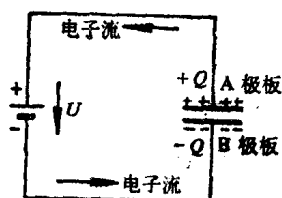


图1-5 电容器的充电

电源电压的作用，电子从电源的负极流到电容器的B极板上，使B极板因得到电子而带有负电荷 $(-Q)$ 。同时，A极板的电子则被电源的正极吸引过去，使A极板上因失去电子而带上正电荷 $(+Q)$ 。

这种现象叫做电容器“充电”。充电

时，电路里有电流流动，当A、B极板所充的电荷形成的电压与电源电压相等时，充电结束，回路中无电流。

如果将电源去掉，用导线把A、B两极板直接连起来。在刚一接通瞬间，电容器两极板间的电压就会驱使B极板上的电子沿着导线流到A极板上，形成电流，这个电流与原充电电流方向相反。随着时间变化，极板间积累电荷逐渐减小，极板间电压逐渐下降，直到A、B极板上的正、负电荷完全消失。这种现象叫“放电”。

通过上述分析可见，若在电容器两端接上大小和方向不断变化的交流电，电容器交替地进行充电和放电，电路中就不停地有电流流动。这就是电容器能隔直流通交流的道理。

电容器的电容量简称电容，用字母“C”表示。它的大小反映了电容器储存电荷的能力。

电容量的基本单位是法拉，简称法，用字母“F”表示。在实际应用中，通常采用“微法”(μF)和“皮法”(pF)，它们的关系为

$$1\text{微法} = 10^{-6}\text{法}$$

$$1\text{皮法} = 10^{-6}\text{微法} = 10^{-12}\text{法}$$

2. 电容器的分类

电容器按所用电介质的不同，分为纸介电容器、云母电容器、瓷介电容器、金属化纸介电容器、有机薄膜电容器、电解电容器等；按结构特点分为固定电容器、可变电容器和半可变微调电容器。图1-6为各种电容器的外形及符号。

固定电容器的电容量一定，适用于电容量不需要调节的地方。可变电容器的电容量可在一定的范围内任意调节；半可变电容器的电容量可在一定范围内适量调节。它们常用于

电容量需要调节的电路。

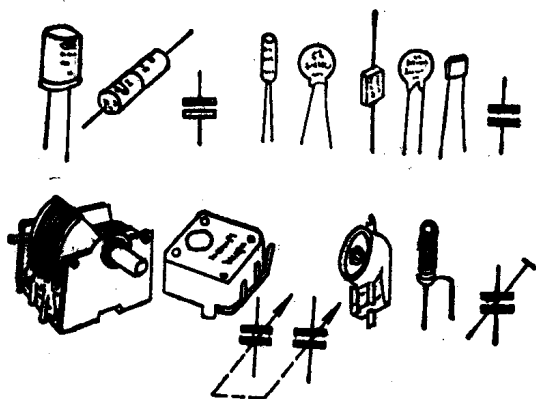


图1-6 常用电容器外形及符号

3. 电容器的性能参数

电容器有如下性能：

(1) 标称容量和允许误差。电容器上所标出的电容量称为标称容量。实际生产的电容器的电容量与标称容量之差，称为误差。常见的容量误差等级有三种：Ⅰ级为 $\pm 5\%$ ，Ⅱ级为 $\pm 10\%$ ，Ⅲ级为 $\pm 20\%$ 。

(2) 额定工作电压。电容器中的电介质只能承受一定的电压，超过规定的工作电压，就可能被击穿。所以，额定工作电压，就是电容器在电路中能够长期可靠地工作而不致被击穿所能承受的最大电压，有时又称耐压。单位是伏特 (V)。额定电压的大小与介质种类和厚度有关。

(3) 绝缘电阻。任何电介质都不是绝对的绝缘体，而是有一个有限大数值的电阻，这个电阻称为绝缘电阻或漏电阻。电容器绝缘电阻的大小，说明其绝缘性能的好坏。绝缘

电阻阻值降低时，会出现漏电流，破坏电路工作状态。严重时由于发热、温度升高而导致热击穿。

4. 电容器的使用

电容器在电路中可起到隔直流通交流的作用；电容器与电感线圈可以构成振荡电路；还可以利用电容器实现滤波、耦合及定时和延时等功能。

使用电容器应注意：

(1) 根据需求选择电容器种类，并注意电容器的额定工作电压、标称容量和误差范围。

(2) 电容器的串联或并联可以改变电容器(等效电容器)的电容量或额定工作电压。

电容并联时等效电容为各个电容器的电容之和，即

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

当几个耐压不等的电容器并联后，等效电容的耐压值等于并联电容器中最低额定工作电压。

电容串联时总等效电容减小，总等效电容与各串联电容的关系为

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

当几个电容不等的电容器串联使用时，电容小的电容器比电容大的电容器所分配的电压要高，因此，电容在串联使用中要注意每个电器上的电压不要超过其额定值。

(3) 电容虽然能通交流电，但它对交流电流也呈现一定的阻碍作用，这个阻碍作用叫做容抗，用符号“ X_c ”表示，单位是欧姆(Ω)。容抗与交流电的频率和电容的关系为

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

(4) 安装电容器时,应使电容器的标志易于观察、核对。

(5) 使用电解电容器时,还要注意正、负极不能接错。否则,电解电容器将会被损坏。

三、电感线圈

电感线圈简称线圈。它是用绝缘导线,如漆包线或纱包线绕在支架或铁芯上制成的。常见的电感线圈有:单层螺旋管线圈、蜂房式线圈、铁粉芯或铁氧体芯线圈、空心线圈、阻流圈等。

常用的线圈外形和符号如图1-7所示。

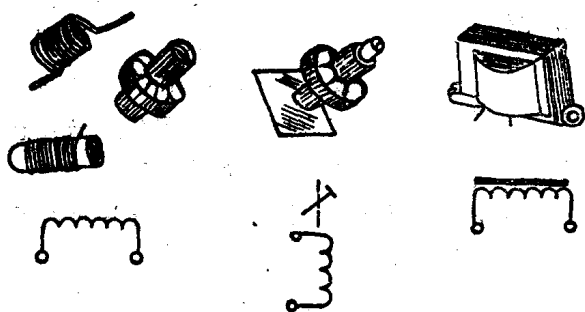


图1-7 常用线圈外形及符号

1. 电感线圈的自感

线圈中有电流通过,线圈周围就产生磁场。当电流发生变化时,磁场也随着变化,而磁场的变化又会在导体中产生感应电动势。这种由于线圈本身所通过的电流变化而产生感应电动势的现象叫做自感现象。由于自感所产生的感应电动

势叫自感电动势。

自感电动势的大小，与导体中的电流变化速度、线圈形状、尺寸、线圈圈数等有关。

线圈的电感量简称电感，它表示在电流变化量一定的情况下，线圈产生感应电动势大小的能力。电感用字母“ L ”表示。它的单位是亨利，用字母“ H ”表示。实际应用中常采用毫亨(mH)和微亨(μH)，它们之间的关系为

$$1\text{亨} = 10^3\text{毫亨} = 10^6\text{微亨}$$

2. 电感线圈的互感

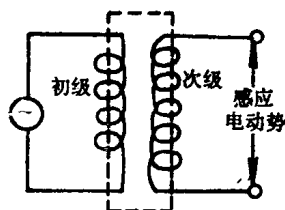


图1-8 互感原理

两只互相靠近的线圈，如图1-8所示，由于初级线圈中变化的电流所产生的变化的磁通也穿过了次级线圈，于是次级线圈就产生感应电动势。这种当一个线圈内的电流发生变化，而在另一个线圈内产生感应电动势的现象叫做互感现象。

由互感现象产生的感应电动势叫做互感电动势。

互感电动势大小与初级线圈的电流变化速度及两个线圈的形状、圈数、线圈间的相对位置有关。

如果把初、次级线圈紧靠在一起或套在一起，这时互感量较大，叫做紧耦合；若把初、次级线圈远离或斜放，这时互感量较小，叫做松耦合。

3. 电感线圈的使用

由于自感电动势的方向要阻碍原来磁场的变化，这样就势必阻碍线圈中的电流发生变化。我们把线圈对交流电所呈现的阻碍作用叫做感抗，用符号“ X_L ”表示，单位是欧姆。感抗与线圈中电流的频率和线圈电感量的关系为

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

可见当频率 f 等于零时，感抗也等零。所以电感线圈具有通直流阻交流的作用。电感线圈还可以和其它元件一起组成振荡电路、调谐电路、高频和低频滤波电路等。

使用电感线圈应注意：

(1) 每个电感线圈的磁场在互不影响的情况下，可以采用串联或并联使用。串联后的等效电感量为各线圈电感量之和，即

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

并联后的等效电感量与各并联线圈电感量的关系为

$$L = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

(2) 在使用电感线圈时，不要随便改变线圈的形状和线圈间的距离，否则会影响电感线圈的电感量。

(3) 电感线圈相互间的位置以及和其它元件的位置，要安排合理，以免互相影响。可调电感线圈要安装在易于调节的地方。

第二节 基本定律

一、欧姆定律

在一段不含电动势只有电阻的电路中，如图 1-9 所示，流过电阻 R 的电流 I 与加在电阻两端电压 U 成正比，与电阻成反比。这个结论叫做部分电路欧姆定律。用公式表示为