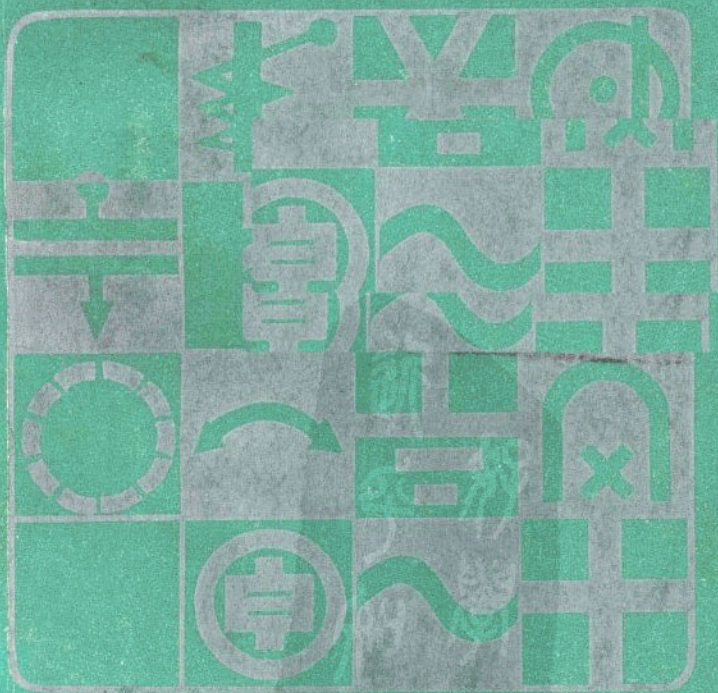


雷树林 编著

# 农村 实用电工

NONGCUNSHIYONG  
DIANGONG



农村读物出版社

## 前 言

党的十一届三中全会以来，农业生产发展速度很快，农业机械化和电气化的发展速度也很快。

近年来，农村许多社队、专业户陆续购置了各种农业机械和电气设备。使用和维护这些设备，急需一批专业人员。为培养专业人员，普及电工知识，作者根据自编的电工讲义，并参阅有关书籍，在广泛征求意见的基础上编成此书。

本书在编写中力求内容全面，通俗易懂，讲究实用，并具有一定的理论知识。此书供初级电工学习掌握后可达到五级电工水平；农村电工爱好者自学后，可掌握一定电工理论知识及操作维修技能；可作为农村电工训练班教学参考用书；可供城镇电工及技术人员工作中参考。

本书在编写过程中，承蒙杨学桐、雷春、张连元等同志大力协助，在此表示衷心感谢。由于本人水平有限，缺点和错误在所难免，诚恳希望读者给予批评指正。

编著者

1985年6月

# 目 录

第一章 电工基础知识 .....	(1)
第一节 基本概念 .....	(1)
一、电流、电压、电阻、电容、电感、功率 .....	(1)
二、电磁 .....	(6)
三、自感与互感 .....	(9)
第二节 直流电路 .....	(12)
一、欧姆定律 .....	(12)
二、电阻的串联、并联 .....	(13)
三、直流电路的计算 .....	(14)
四、蓄电池 .....	(17)
第三节 交流电路 .....	(20)
一、交流电路的频率与相位 .....	(20)
二、正弦交流电的最大值、平均值、有效值 .....	(21)
三、纯电阻交流电路 .....	(21)
四、电容的串并联及纯电容交流电路 .....	(22)
五、纯电感交流电路 .....	(25)
六、功率因数和提高功率因数的方法 .....	(27)
七、三相交流电负载的联接方法 .....	(28)
八、三相电功率计算 .....	(30)
第四节 半导体电路基础知识 .....	(31)
一、半导体二极管 .....	(31)
二、半导体二极管的应用 .....	(38)
三、半导体三极管 .....	(45)
四、二极管、三极管命名法以及常用管主要参数 .....	(53)
五、可控硅简介 .....	(76)

第二章 农用电机、变压器	(82)
第一节 三相异步电动机	(82)
一、国产电动机铭牌识别和简介	(82)
二、三相异步电动机的构造及各部件的作用	(99)
三、三相异步电动机的运转原理	(103)
四、三相异步电动机的选择和安装	(106)
五、三相异步电动机保护元件的选择	(107)
六、三相异步电动机的检修	(109)
第二节 变压器	(120)
一、变压器的构造原理和运行	(120)
二、变压器的检查和故障分析	(132)
三、互感器	(134)
第三章 农村常用电工仪表	(138)
第一节 电流表及电压表	(138)
一、国产电流表、电压表简介	(138)
二、测量机构原理	(141)
三、用电流表、电压表测量电阻	(144)
四、使用注意事项	(145)
第二节 万用表	(146)
一、万用表的结构、原理和型号	(146)
二、万用表的使用及注意事项	(160)
三、万用表的检修	(161)
第三节 其他仪表	(163)
一、兆欧表	(163)
二、钳形电表	(166)
三、电度表	(168)
第四章 农村常用低压电器及机床电气系统	(173)
第一节 农村常用低压电器	(173)
一、交流接触器	(173)

二、继电器	(176)
三、熔断器	(182)
四、闸刀开关	(184)
五、按钮开关	(185)
六、铁壳开关	(186)
七、组合开关	(187)
八、行程开关	(189)
九、其他电器	(192)
<b>第二节 农村常用机床的电气系统</b>	<b>(194)</b>
一、机床电路图的内容	(194)
二、机床电气系统常用的控制环节	(195)
三、C618-1型车床电路	(212)
四、B665牛头刨床电路	(214)
五、M7120平面磨床电路	(215)
六、X52K立式万能铣床电路	(218)
七、机床电气设备的维修	(225)
<b>第五章 农村常用电工材料及电工工具</b>	<b>(230)</b>
<b>第一节 电工材料</b>	<b>(230)</b>
一、常用绝缘材料	(230)
二、常用导电材料	(239)
三、其他材料	(248)
<b>第二节 电工工具</b>	<b>(256)</b>
一、试电笔	(256)
二、手电钻	(257)
三、电烙铁	(259)
<b>第六章 农用电器</b>	<b>(264)</b>
<b>第一节 拖拉机电器设备</b>	<b>(261)</b>
一、拖拉机的电源	(261)
二、起动机	(267)

三、磁电机点火装置·····	(270)
四、其他电气设备·····	(271)
五、拖拉机电气设备常见故障·····	(273)
第二节 电孵鸡控制设备·····	(276)
一、概述·····	(276)
二、电孵机的恒温控制·····	(277)
三、自动翻蛋的控制·····	(280)
四、电孵机的维护与检修·····	(283)
第三节 灭虫灯·····	(285)
一、交流灭虫灯·····	(286)
二、高压电网灭虫灯·····	(289)
三、晶体管灭虫灯·····	(291)
第四节 其它农用电器·····	(295)
一、泵类·····	(295)
二、电动班灌铅·····	(305)
三、磨面机、碾米机和饲料加工机·····	(307)
四、麦场电气设备及喷雾机电器·····	(308)
五、电犁和电耙·····	(310)
第七章 农村配电与照明·····	(312)
第一节 农村配电及低压线路·····	(312)
一、农村配电系统·····	(312)
二、农村低压架空线路·····	(320)
第二节 农村照明设备及其电路·····	(339)
一、农村常用照明电光源及灯具·····	(339)
二、照明线路的安装·····	(352)
三、照明设备及其线路的检修·····	(360)
第八章 农村有线广播·····	(365)
第一节 农村广播站的建立·····	(365)
一、农村有线广播站的室内布置·····	(365)

二、天线与地线的装	(367)
三、用户设备的安装	(371)
第二节 广播中应注意的问题	(373)
一、扩音机配接喇叭的基本方法	(373)
二、短馈送线的匹配计算	(377)
三、广播线路常见故障及其维护	(385)
第三节 半导体扩音机原理、使用及维护	(387)
一、半导体扩音机基本原理	(387)
二、半导体扩音机使用方法与维护	(394)
第九章 农村安全用电	(398)
第一节 接地保护与接零保护	(398)
一、接地和接零的种类与要求	(398)
二、接地装置	(401)
第二节 安全用电常识	(404)
一、预防触电	(404)
二、触电急救方法	(405)
三、安全用电常识	(408)

# 第一章 电工基础知识

## 第一节 基本概念

### 一、电流、电压、电阻、电容、电感、功率

#### (一) 电 流

电荷有规则的流动叫做电流。电流分为直流电和交流电。电流的方向固定不变的叫直流电,用字母  $I$  表示。电流的大小和方向随时间有规律变化的叫交流电,用小写字母  $i$  表示。电流的大小用电流强度表示,电流强度是在单位时间内通过导体截面积的电荷量。电流强度的单位为安培,简称安,用字母  $A$  表示。较小的电流可用毫安 ( $mA$ ) 或微安 ( $\mu A$ ) 作单位。它们的关系是

$$1 \text{ 安 (A)} = 1000 \text{ 毫安 (mA)}$$

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = 1000 \text{ 微安 (\mu A)}$$

习惯上,把电流强度称为电流。

#### (二) 电 压

电场中两点间的电位差值称为电位差,又叫电压。电压分直流电压和交流电压两种。电压的方向固定不变的叫直流电压,用字母  $U$  表示。电压的大小和方向有规律变化的叫交流电压,用字母  $u$  表示。电压的单位为伏特,简称伏,用字



母V表示，有时也用千伏(kV)或毫伏(mV)微伏( $\mu$ V)为单位，它们的关系是

$$1 \text{ 千伏 (kV)} = 1000 \text{ 伏 (V)}$$

$$1 \text{ 伏 (V)} = 1000 \text{ 毫伏 (mV)}$$

$$1 \text{ 毫伏 (mV)} = 1000 \text{ 微伏 } (\mu\text{V})$$

### (三) 电 阻

电流在导体中流过时所遇到的阻力叫电阻。一般用字母R表示，单位是欧姆( $\Omega$ )，简称欧，有时用千欧(k $\Omega$ )或兆(欧M $\Omega$ )表示。它们的关系是

$$1 \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)} = 1000 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)}$$

$$1 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} = 1000 \text{ 欧 } (\Omega)$$

导体电阻的大小与导体长度 $l$ 成正比，与导体截面积 $S$ 成反比，与金属材料的电阻系数 $\rho$ 成正比。

$$\text{即: } R = \rho \frac{l}{S}$$

这就是电阻定律。当 $l$ 的单位为米(m)， $S$ 的单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ )， $\rho$ 的单位为 $\frac{\text{欧姆} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}}$ 时， $R$ 的单位是欧( $\Omega$ )。

$\rho$ 是表示导体材料阻碍电流传导能力的一个系数，称为电阻率，它的数值等于导体的单位体积的电阻。电阻率和材料的性质有关，不同材料的电阻率不同，同一材料在不同温度下电阻率也不同。表1-1列出一些常用材料在温度为 $20^\circ\text{C}$ 时的电阻率和电阻温度系数的近似值。电阻温度系数是表示物质的电阻率随温度而变化的物理量。由于材料纯度和成分不同，这些近似值也会有所变化。

表 1-1 常用金属材料的电阻率和电阻温度系数

材 料 名 称	电 阻 率	电 阻 温 度 系 数( $1^{\circ}\text{C}$ )
银	0.0165	0.0038
铜	0.0175	0.0040
铝	0.0283	0.0042
钨	0.0551	0.0045
低碳钢	0.12	0.0042
铸铁	0.5	0.001
镍锌铜	0.34	0.00031
锰铜	0.42	0.000015
康铜	0.49	0.000005
镍铬合金	1.08	0.00013
铁铬铝	1.35	0.00005

从表 1-1 可以看出银的电阻率最小，但其价格昂贵，只能用于要求较高的电器上，例如接触器的触头。而各种电机的绕组和各种电器的线圈都是用铜导线来绕制的。大部分低压架空线路的导线也是铜线，能减小电能的损耗。铝的导电性能略次于铜，但有质轻价廉等优点，因而在电气工业中大力推广以铝代铜。

有些电器需要电阻率较大的材料。例如用钨丝制作白炽灯、真空管及碘钨灯的灯丝；用镍铬铁合金制作热继电器的热元件；用镍铬合金制作电炉和电烙铁发热元件；用康铜丝绕制变阻器等。

[例题] 求解直径 1 毫米，长度 10 米的铜导线的电阻。

$$\text{先求导线的截面积 } S = \frac{\pi d^2}{4} = 3.14 \times \frac{1^2}{4} = 0.79 \text{ (mm}^2\text{)}$$

查表 1-1 得知铜的电阻率  $\rho = 0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0.0175 \times \frac{10}{0.79} \\ = 0.2215 (\Omega)$$

导体的电阻率与温度有关。绝大多数金属材料的电阻率都随温度的上升而增大。锰铜的电阻温度系数很小，电阻率随温度的变化极微，因此常用它制作标准电阻。

利用金属导体电阻随温度变化的性质，可用细铂丝绕在云母片上制成电阻温度计。它的测量范围在  $-120 \sim +500^\circ\text{C}$  之间。

碳或半导体材料的电阻随温度升高而减小。

#### (四) 电 容

若在相互绝缘而又靠近的两块金属板上加上电压，这两块金属板上就会分别聚集等量的正负电荷，这种能够贮存电荷的容器就叫电容器。电容器充电后，它的两个极板上分别带有等量的异性电荷。电容器贮存电荷能力的大小叫电容量，简称电容，用字母  $C$  表示。电容量是电容器的重要参数，它是电容器极板上的带电量  $Q$  与电容器两端电压  $U$  之比。

$$\text{即 } C = \frac{Q}{U}$$

式中  $C$ —电容 (法拉);  
 $Q$ —电量 (库仑);  
 $U$ —电压 (伏特)。

平板电容器电容量的大小与下列因素有关:

(1) 板间的距离越小，电容量越大。因为距离越小时，正负电荷吸引的作用就越强，在每伏电压作用下，电容器上

能容纳更多的电荷，所以电容量大。

(2) 两极板的面积越大，电容量越大。因为在同等距离时，极板的面积越大，容纳电荷就越多，电容量也就越大。

(3) 在相同的极板面积和距离时，电容量大小与两极板间介质有关。真空电容量最小，用其它介质的电容量都比真空大。用其它介质的电容量比用真空时的电容量所增大的倍数，称介质的相对介电系数，用字母  $\epsilon_r$  表示。

$$\text{即} \quad \epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

式中  $\epsilon$ —介质的介电系数；

$\epsilon_0$ —真空的介电系数。

常用介质的相对介电系数为：空气：1 矿物油：2.2 橡皮：2.7 蜡纸：4.3 云母：6~7.5 玻璃：5.5~8。

平板电容器的电容量可以用下式表示

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 S}{d}$$

式中  $S$ —一块极板的面积(米<sup>2</sup>)；

$d$ —两极板间的距离(米)。

电容量的单位是法拉(F)，微法( $\mu\text{F}$ )或微微法( $\mu\mu\text{F}$ )或(pF)。它们的关系是

$$1 \text{ 法拉(F)} = 10^6 \text{ 微法}(\mu\text{F})$$

$$1 \text{ 微法}(\mu\text{F}) = 10^6 \text{ 微微法}(\text{pF})$$

## (五) 电 感

如果在一个线圈中通入电流  $i$ ，那么此电流就会在线圈中产生磁场。磁场的大小与线圈中的电流成正比。若磁场的磁通用  $\phi$  表示，那么  $\phi = Li$ 。比例系数  $L$  叫做线圈的自感

系数，简称电感，一般用亨利为单位，简称亨(H)，有时也用毫亨(mH)，微亨( $\mu$ H)作单位。它们的关系如下

$$1 \text{ 亨(H)} = 1000 \text{ 毫亨(mH)}.$$

$$1 \text{ 毫亨} = 1000 \text{ 微亨}(\mu\text{H})$$

电感的大小与线圈的匝数、形状及周围媒质有关。

## (六) 功 率

电流在1秒钟内所做的功就叫做电功率，用 $P$ 表示。它的单位是瓦特，简称瓦(W)，有时还用千瓦(kW)、毫瓦(mW)和微瓦( $\mu$ W)作单位。工业上常以马力作为功率的单位。它们的关系如下

$$1 \text{ 千瓦(kW)} = 1000 \text{ 瓦(W)}$$

$$1 \text{ 瓦(W)} = 1000 \text{ 毫瓦(mW)}$$

$$1 \text{ 马力} = 735 \text{ 瓦}$$

$$1 \text{ 千瓦(kW)} = 1.36 \text{ 马力}$$

负载消耗的电功率 $P$ 等于电流强度与负载电压的乘积，即： $P=IU$ 。

电源的总功率 $P_{(\text{源})}$ 等于电源内阻消耗的功率 $P_0$ 与负载消耗功率 $P_{(\text{载})}$ 之和。

$$\text{即 } P_{(\text{源})} = P_0 + P_{(\text{载})}$$

$$P_0 = U_0 I$$

式中  $U_0$ —电源电压降

## 二、电 磁

### (一) 磁的概念

1. 磁的基本现象：磁铁可以把铁吸起来，这是因为磁铁

周围存在着一种特殊的物质，即磁场。象磁铁一样具有磁性的物体叫磁体。磁体上磁性最强的地方叫磁极。若磁体在水平面内能自由转动时，它必有一个磁极指南，这个磁极叫南极，用字母  $S$  表示；另一个磁极指北，叫北极，用字母  $N$  表示。磁体的南极和北极是不能单独存在的。一块磁体无论被分为多少小块，它的每一小块总有一端是  $N$  极，另一端是  $S$  极。两个磁极间是互相作用的，同性磁极互相排斥，异性磁极互相吸引。

电磁场是指彼此相联系的交变电场和磁场。这种交变磁场不仅存在于电荷、电流周围，而且能够在空间传播。在电磁场中，电场的变化可以引起磁场的变化，而磁场的变化也会引起电场的变化。

**2. 磁力线：**为了直观地把磁场表示出来，可以引用一些曲线，这些表示磁场状态的曲线叫磁力线。在磁场中，磁力线分布的疏密程度表示磁场的强弱。磁力线密，表示磁场强；磁力线稀，则表示磁场弱。

磁力线有如下特征：

(1) 磁力线都是封闭的。规定在磁体外部，磁力线由北极到南极；磁体内部，磁力线由南极到北极。

(2) 各条磁力线在任何情况下都不能相交。

(3) 每条磁力线都有尽量缩短的趋势。

(4) 各条磁力线之间相互排斥。

**3. 磁通和磁感应强度：**穿过磁场中某一面积的磁力线数，叫做穿过这个面积的磁通量，简称磁通，用符号  $\phi$  表示。磁通的单位为韦伯或麦克斯韦。

1 韦伯 =  $10^8$  麦克斯韦

垂直穿过单位面积的磁通量叫磁通密度，简称磁密，物

理学中则称为磁感应强度，用  $B$  表示。在匀强磁场中，即磁力线稀密均匀且相互平行的磁场中，磁感应强度与磁通  $\Phi$  的关系是

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

式中  $S$  为截面积，单位是米<sup>2</sup>。若  $\Phi$  的单位是韦伯，则  $B$  的单位是特斯拉。

## (二) 楞次定律及法拉第定律

通电的导体周围会产生磁场，磁场的变化也会使导体中产生感应电动势。导体与磁场相互切割产生的电动势或因磁场的变化在导体中感应出的电动势叫做感应电动势。

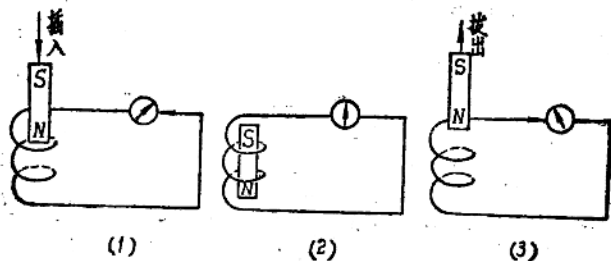


图1 条形磁铁在线圈中运动而引起感生电流

当把一条形永久磁铁插入线圈时，磁通增加，检流计的指针发生偏转，这说明线圈切割磁场产生感应电势。当条形磁铁放在线圈中不动，检流计指针不偏转。将磁铁从线圈中拔出时，检流计指针反向偏转，穿过线圈的磁通减少，产生相反感应电势，如图1所示。

当通过闭合线圈的磁通发生变化时，线圈内就会产生感

应电动势。由感应电动势产生的感应电流的磁通，总是企图阻碍引起感应电动势的磁通的变化。即如果线圈中原磁通增加，则感应电流所产生的磁通反对原磁通的增加，是与原磁通方向相反的磁通。如果线圈中原磁通减少，则感应电流产生的磁通反对原磁通的减少，它的方向与原磁通方向相同。

感应电动势  $e$  的大小与磁通的变化率成正比。

$$|e| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

这个定律叫做法拉第电磁感应定律。若当线圈的匝数为  $W$  时，上式应表示为

$$|e| = W \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

式中绝对值符号只表示感应电动势的大小，不表示感应电动势的方向。若时间  $\Delta t$  的单位为秒，变化的磁通量  $\Delta\Phi$  单位为韦伯时，感应电动势  $e$  的单位是伏特。

### 三、自感与互感

#### (一) 自感现象

当电流流过线圈时，线圈周围会产生磁场。由线圈自身所通过的电流变化而引起的感应电动势叫自感电动势，以  $e_L$  表示。

自感电动势的方向可根据楞次定律确定。自感电动势通常是由于线圈中电流的变化引起原磁通的变化而产生的。当线圈中的电流增加时，由此电流产生的原磁通也随着增加。原磁通的增加使原线圈中产生自感电动势。根据楞次定律，自感电流产生的磁通与原磁通方向相反，自感电动势和自感



电流与原电流方向相反，阻碍原电流的增加。当线圈中原电流减小时，原磁通也随着减小，则自感电流产生的磁通与原磁通方向相同，自感电动势、自感电流与原电流方向相同，阻碍原电流减小。

自感电动势的大小与原电流的变化率成正比，与自感系数  $L$  成正比。

$$e_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

式中“ $-$ ”号表示自感电动势与原电流取一致的方向。 $L$  为自感系数，也叫电感，它是线圈中每通过单位电流所产生的自感磁通数。其数学式为

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

式中  $\Phi$ —流过线圈的电流  $I$  所产生的自感磁通(韦)；

$I$ —流过线圈的电流(安)；

$L$ —电感(亨)，是衡量线圈产生自感大小的物理量。

在实际应用中，特别是在电子技术中，有时用亨利作单位太大，常采用较小的单位毫亨，微亨，它们与亨的换算关系是

$$1 \text{ 亨(H)} = 1000 \text{ 毫亨(mH)}$$

$$1 \text{ 毫亨(mH)} = 1000 \text{ 微亨(\mu H)}$$

若  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  以安培/秒为单位， $L$  以亨利为单位，则  $e_L$  的单位为伏特。

## (二) 互感现象

当两个线圈互相靠近时，由于线圈 I 中电流的变化，使