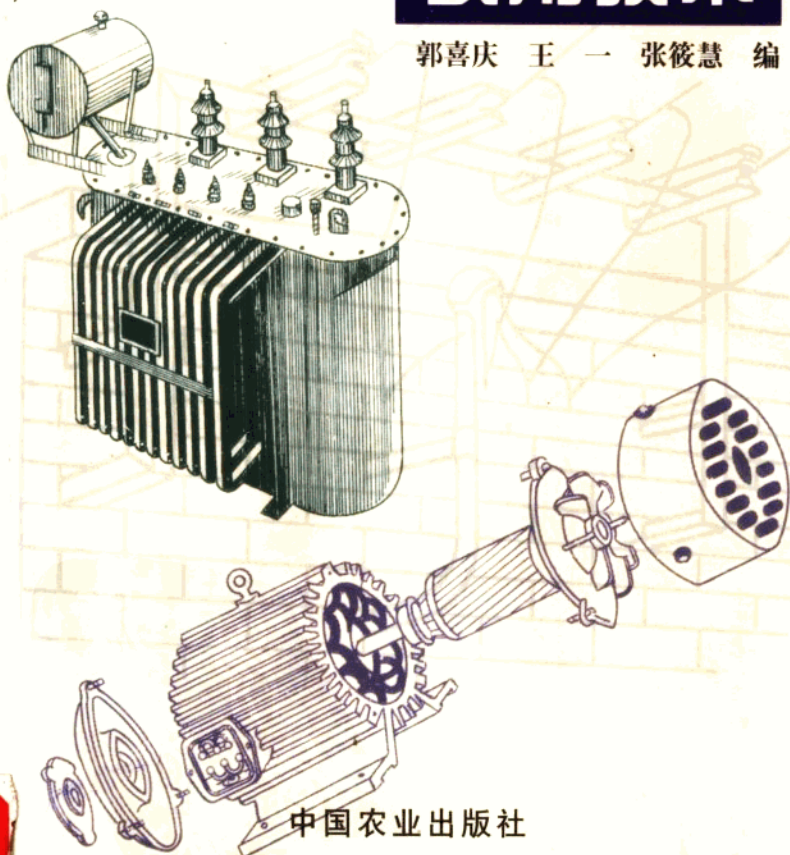


# 农村电工

NONGCUN DIANGONG SHIYONG JISHU

## 实用技术

郭喜庆 王 一 张筱慧 编



中国农业出版社

# 前 言

我国农村电气化事业已取得巨大成绩。目前我国已有98%以上的农村通了电，96%以上的农户用上了电，农村低压线路已达数百万千米。电已成为农业生产、农村经济和农民生活离不开的农村能源。我国农村电力事业虽已取得很大成绩，但仍存在一些问题。所以，我国从1998年开始，实施“改革农电管理体制、农村电网建设与改造、实现城乡同网同价”的“两改一同价”工程。这一工程已在部分省区顺利开展。这项工程的完成将根本改变我国农网建设严重滞后、设备老化和管理体制不顺的局面，使农电工作、农网状况和农电的三为服务达到更高的先进水平，使农村电价逐步下降，降低农民负担，促进农业生产和农村经济的发展，促进农村的精神文明建设。

这项工作的开展也对农村电工提出了更高的要求。为了帮助农村电工在技术上适应新形势的要求，我们编写了本书。在编写中我们遵循下列原则：

- (1) 选取实用的、新的知识和技术；
- (2) 注重农电工作的规范化和标准化；
- (3) 注重揭示农村低压电网改造的科学规律和经济规律；
- (4) 注重节电增效；
- (5) 突出农村电气设备等的运行维护，达到会

选、会买、会装、会用的目的。

郭喜庆执笔第六章、第八章，并对全书进行统稿和修改。王一执笔第一、二、三、五、十、及十一章，并对第八章提出修改意见。张筱慧执笔第四、七及九章。

由于作者水平所限，书中的缺点、错误，恳请读者指正。

编 者

1999.7

# 目 录

前 言

<b>第一章 电路</b> .....	1
第一节 电场的概念 .....	1
第二节 电路中的基本物理量 .....	3
第三节 直流电路 .....	7
第四节 磁场的概念 .....	15
第五节 交流电路 .....	22
第六节 三相交流电路 .....	42
<b>第二章 农用电机及变压器</b> .....	53
第一节 三相异步电动机的构造及工作原理 .....	53
第二节 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性 .....	61
第三节 三相异步电动机的启动 .....	66
第四节 三相异步电动机的型号、技术数据及选择 .....	69
第五节 三相异步电动机的安装、检查及维护 .....	75
第六节 三相异步电动机常见故障及故障原因 .....	77
第七节 单相异步电动机 .....	78
第八节 变压器的基本构造及工作原理 .....	82
第九节 配电变压器 .....	86
<b>第三章 常用电工仪表</b> .....	95
第一节 仪用互感器 .....	95
第二节 电工仪表的分类及工作原理 .....	98
第三节 电流表及电流的测量 .....	102
第四节 电压表及电压的测量 .....	105

第五节	电能表及电能的测量 .....	106
第六节	兆欧表及绝缘电阻的测量 .....	111
第七节	万用表及其使用 .....	113
<b>第四章</b>	<b>常用低压电器及配电装置 .....</b>	<b>121</b>
第一节	低压电器概述 .....	121
第二节	刀开关 .....	124
第三节	熔断器 .....	132
第四节	自动空气开关 .....	140
第五节	交流接触器 .....	153
第六节	漏电保护器 .....	161
第七节	控制电器 .....	167
第八节	低压电容器与低压避雷器 .....	175
第九节	低压配电装置 .....	183
第十节	常用高压电器简介 .....	194
<b>第五章</b>	<b>控制电路及自动装置 .....</b>	<b>199</b>
第一节	鼠笼式电动机直接启动的控制电路 .....	199
第二节	鼠笼式电动机正反转的控制电路、 磁力启动器 .....	201
第三节	鼠笼式电动机Y— $\Delta$ 换接启动的控制 电路、星三角启动器 .....	204
第四节	行程开关及行程控制 .....	208
第五节	备用电源的自动投入 .....	210
<b>第六章</b>	<b>农村低压电力网 .....</b>	<b>214</b>
第一节	电力系统和电力网的基本概念 .....	214
第二节	农村低压电力网的配电方式 .....	227
第三节	低压电力网的电压损耗计算 .....	232
第四节	低压电力网的功率损耗与电能损耗 .....	249
第五节	低压线路、户内布线用导线 .....	259
第六节	低压电网导线截面选择方法 .....	267

第七节	低压电网无功补偿 .....	290
第八节	农村低压电力网的合理布局及节电措施 .....	298
<b>第七章</b>	<b>农村低压内外线及照明 .....</b>	<b>302</b>
第一节	低压架空配电线路 .....	302
第二节	低压接户线和进户线 .....	324
第三节	地埋线的运行维护及故障探测 .....	332
第四节	户内布线 .....	341
第五节	农村照明 .....	363
<b>第八章</b>	<b>农村低压电力网的接地与电气安全技术 .....</b>	<b>376</b>
第一节	电流对人体生理的影响、人体阻抗和 特低电压限值 .....	376
第二节	接地的一般概念 .....	383
第三节	农村低压电力网接地的型式 .....	387
第四节	触电的类型 .....	391
第五节	直接接触触电的防护措施 .....	396
第六节	间接接触电击防护的主要措施及接地 保护的作用 .....	406
第七节	间接接触电击防护对接地系统的安全 技术要求 .....	413
第八节	漏电保护器的配置、选型、安装与使 用运行 .....	421
第九节	农村低压电力网的接地装置 .....	433
第十节	触电急救 .....	443
<b>第九章</b>	<b>拖拉机农用汽车电气系统 .....</b>	<b>451</b>
第一节	汽车拖拉机电源系统 .....	452
第二节	汽车拖拉机启动系统 .....	469
第三节	汽车拖拉机点火系统 .....	473
第四节	汽车拖拉机照明和灯光信号系统 .....	481
<b>第十章</b>	<b>农村用电器具及家用电器 .....</b>	<b>493</b>

第一节	电焊机 .....	493
第二节	灭虫灯 .....	497
第三节	家用视听电器 .....	499
第四节	家用生活电器 .....	512
第五节	农用水泵 .....	524
<b>第十一章</b>	<b>计算机基础知识 .....</b>	<b>529</b>
第一节	计算机的发展及应用 .....	529
第二节	计算机的组成 .....	531
第三节	计算机的选购及安装 .....	536
第四节	操作系统 .....	541
第五节	计算机病毒及使用时应注意事项 .....	557
第六节	计算机网络 .....	560
参考文献	.....	564

# 第一章

## 电 路

### 第一节 电场的概念

#### 一、电荷及电荷间的相互作用

自然界中的电荷只有两种，即正电荷和负电荷。

质子是带有正电荷的最小粒子，一个质子的电量为

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$$

电子是带有负电荷的最小粒子。一个电子的电量为

$$e = -1.6 \times 10^{-19} \text{C}$$

所以自然界中任何带电的粒子所带电量要么等于一个质子或一个电子的电量，要么等于一个质子或一个电子电量的整数倍。

电荷之间有相互作用力，并且同性电荷相互排斥，异性电荷相互吸引。

#### 二、电场、电场强度、电力线

(一) 电场 两个电荷相互作用时并不是直接接触，而是通过别的物质作媒介而相互作用的，这种作媒介的物质就是电场。

凡是有电荷存在，在其周围便有电场存在。

(二) 电场强度 电场的基本性质就是它对位于其中的电荷有力的作用，这种力称为电场力。

电场中不同点处的电场强弱不同，所以同一电荷在电场中不同点处所受电场力的大小不同。为了描述电场中不同点处的电场强弱，通常用单位正电荷在电场中某点所受的电场力来表示，称为电场强度。



电场强度的大小用公式表示，即

$$E = F/q \quad (1-1)$$

式中  $E$ ——电场中某点电场强度 (N/C)；

$F$ ——电荷所受电场力 (N)；

$q$ ——电荷的电量 (C)。

电场强度不仅有大小，而且还有方向。电场中某点电场强度的方向与正电荷在该点所受电场力的方向相同。

(三) 电力线 通常也用电力线描述电场中各点电场强度的大小和方向。

电力线是一系列曲线，这些曲线从电场中正电荷出发到负电荷终止，曲线上每一点切线方向都与该点电场强度方向一致。图1-1表示一条电力线，其中A点、B点的电场强度方向如图中箭头所示。

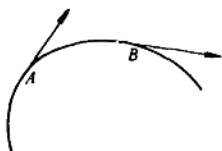


图 1-1 电场强度方向

电力线可以通过实验来模拟，图1-2就是几个典型电场的电力线分布情况。

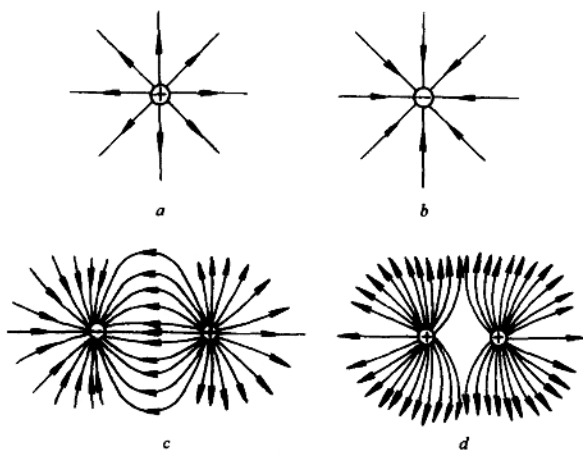


图 1-2 几个典型电场的电力线分布情况

a. 正电荷 b. 负电荷 c. 等量异种点电荷 d. 等量同种点电荷

可以看出，在离产生电场的电荷较近的地方，电力线较密，说明电场强度较强；反之，在离产生电场的电荷较远的地方，电力线较疏，说明电场强度较弱。

## 第二节 电路中的基本物理量

### 一、电 压

我们知道，物体在重力作用下，要从高处向低处移动，移动的过程实际上是重力在做功，做功的多少与两处的高度差有关，高度差越大，重力所做的功也就越多。同样道理，电场中的电荷在电场力的作用下，也要从一点向另一点移动，移动的过程实际上是电场力在做功，做功的多少与两点间的电位差有关。电位差越大，电场力所做的功也就越多。

电荷在电场中两点间移动时，电场力所做的功与电荷所带电量的比值，称为电场中这两点间的电位差，也称电压。电压用公式表示，即

$$U = W/q \quad (1-2)$$

式中  $U$ ——电场中两点间的电压 (V)；

$W$ ——电荷在电场中两点间移动时，电场力所做的功 (J)；

$q$ ——移动的电荷所带的电量 (C)。

为了研究问题的方便，通常选定电场中某一点为参考点，其电位为零，电场中其他任意一点与参考点间的电压称为该点的电位。电场中两点间的电压方向则通常规定为高电位点指向低电位点。

### 二、电 流

电流是电荷宏观上做定向移动所形成的。单位时间内通过某一导体横截面的电量的多少，称为通过该导体的电流强度，简称电流。电流用公式表示即

$$I = q/t \quad (1-3)$$

式中  $I$ ——通过某一导体的电流 (A);  
 $q$ ——通过某一导体横截面的电量 (C);  
 $t$ ——通过电量  $q$  所用的时间 (s)。

通常规定, 电流方向为正电荷的移动方向。

### 三、导体的电阻

导体对通过其中的电流有阻碍作用, 用来描述这个阻碍作用的物理量就称为导体的电阻。

实验表明, 在温度不变时, 同一材料的导体, 其电阻与它的长度成正比, 与它的横截面积成反比, 用公式表示即

$$R = \rho L/S \quad (1-4)$$

式中  $R$ ——导体的电阻 ( $\Omega$ );  
 $L$ ——导体的长度 (m);  
 $S$ ——导体的横截面积 ( $m^2$ );  
 $\rho$ ——与导体材料有关的比例系数, 称为电阻率 ( $\Omega m$ )。

电阻率直接反映了不同材料导电性能的好坏, 电阻率低的材料, 其导电性能好, 电阻率高的材料, 其导电性能差。表 1-1 列出了几种材料在  $20^{\circ}C$  时的电阻率。从该表可以看出, 银的电阻率最低, 但其价格昂贵, 只能用在要求比较高的电器上, 比如接触器的触头。工程上应用比较多的导电材料是铜和铝, 铜主要用于各种电机的绕组和各种电器的线圈。铝的导电性能略次于铜, 但有重量轻、价格低等优点, 所以在高低压架空线路、电缆、变压器绕组等方面得到了非常广泛的应用。在另外一些场合, 也需要电阻率比较高的材料, 比如白炽灯的钨丝、电炉的镍铬合金等。

导体的电阻率和温度有关, 当温度降低到绝对零度附近时, 某些材料的电阻率突然减小到零, 这种现象叫作超导现象, 处于这种状态的导体称为超导体。

表 1-1 几种材料在 20°C 时的电阻率

材 料	电阻率 ( $\Omega\text{m}$ )
银	$1.6 \times 10^{-8}$
铜	$1.7 \times 10^{-8}$
铝	$2.9 \times 10^{-8}$
钨	$5.3 \times 10^{-8}$
铁	$1.0 \times 10^{-7}$
锰铜	$4.4 \times 10^{-7}$
康铜	$5.0 \times 10^{-7}$
镍铬合金	$1.0 \times 10^{-6}$
电木	$10^{10} \sim 10^{14}$
橡胶	$10^{13} \sim 10^{16}$

#### 四、电源及其电动势

电源是把其他形式的能转变为电能的装置，如各种干电池、蓄电池、发电机等。电源有两个电极，两极间有一定的电压，把导体的两端分别与电源的两极相连，导体中就会有电流产生（图 1-3）。

电源电动势是由电源本身的性质所决定，它表征电源把其他形式的能转变为电能的本领。电源电动势等于单位正电荷在电源内部从电源负极（低电位点）移到电源正极（高电位点）

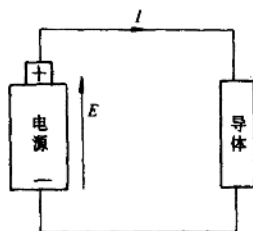


图 1-3 电源及其电动势

时，电源力所做的功，单位为 V。当电源开路时，电源电动势等于其两极间的电压，其方向规定为：由电源负极指向电源正极，所以电源电动势的方向总是和其两端电压的方向相反。

#### 五、功与功率

在导体两端加上电压，导体中就建立了电场，导体中的自由

电子在电场力的作用下做定向移动，就形成了电流。

设导体两端的电压为  $U$ ，通过导体横截面的电量为  $q$ ，导体中的电流为  $I$ ，根据式 (1-2) 和式 (1-3)，则导体中的自由电子在电场力的作用下做定向移动时，在时间  $t$  内，电场力所做的功为

$$W = qU = UIt \quad (1-5)$$

单位时间内，电场力所做的功称为电功率，简称功率。功率用公式表示即

$$P = W/t = UIt/t = UI \quad (1-6)$$

式中  $P$  ——功率 (W)。

电器设备上通常都标有它的功率和电压，称为额定功率和额定电压。如果电器设备上所加的电压等于额定电压，它在工作时所消耗的功率就等于额定功率，这时电器设备能经济高效地长期正常工作。如果电器设备上所加的电压不等于额定电压，它在工作时所消耗的功率就不等于额定功率，这时电器设备不能正常工作。比如，标有“220V、40W”的灯泡，接在 220V 的电源上，灯泡正常发光；接在低于 220V 的电源上，灯泡变暗，发光效率降低；接在高于 220V 的电源上，有可能烧坏灯泡。

## 六、电容器及其电容

电容器是实际的电路器件，它由两个相互靠近而又相互绝缘的金属极板组成。当在电容器两个极板之间加上电压时，电容器被充电，两个极板就要带上等量的异种电荷，这时两个极板之间有电场存在；如果用一根导线将电容器两个极板接通，电容器被放电，两个极板上的电荷相互中和，电容器不再带电，两个极板之间也就没有电场存在。

对于不同的电容器，当两个极板之间加上相同的电压时，所带电量的多少是不同的。电容器一个极板所带电量与两个极板间电压的比值称为电容器的电容量，简称电容，即

$$C = q/U \quad (1-7)$$

式中  $C$ ——电容器的电容 (F);  
 $q$ ——电容器一个极板所带电量 (C);  
 $U$ ——电容器两个极板间电压 (V)。

对于不同的电容器, 其电容值是不同的, 电容值表征了电容器容纳电荷的本领。实验表明, 电容器的两极板间距离越小、两极板的面积越大、两极板间绝缘介质系数越大, 则其电容值越大。

### 第三节 直流电路

任何电路, 都是由电源、负载以及连接电源与负载的中间环节所构成的。所谓电源是把其他形式的能转变为电能的装置; 负载是把电能转变为其他形式能的装置; 中间环节则包括线路、控制开关等。比如手电筒电路, 其中的干电池即电源; 灯泡即负载; 筒体、开关即中间环节。

如果电路中的电源电动势、电压和电流都是大小和方向恒定不变的量, 则称为直流电路。

#### 一、欧姆定律及全电路欧姆定律

(一) 欧姆定律 1827年德国电学家欧姆根据大量实验得出, 一段导体中的电流与其两端的电压成正比, 称为欧姆定律。图 1-4 所示电路,  $R$  表示导体电阻, 规定  $R$  两端的电压  $U$  和其中通过的电流  $I$  方向一致, 则欧姆定律可以表示为

$$I = U/R \quad (1-8)$$

式中  $I$ ——导体中电流 (A);  
 $U$ ——导体两端电压 (V);

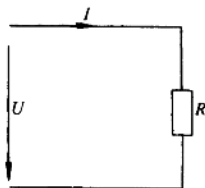


图 1-4 电路示例

$R$  ——导体电阻 ( $\Omega$ )。

引入欧姆定律之后, 电阻  $R$  消耗的功率可以表示为

$$P = UI = U^2/R = RI^2$$

(二) 全电路欧姆定律 图 1-5 所示电路,  $E$  表示电源电动势 (所对应的图形符号是直流电路中, 电源的表示符号, 其中长线表示电源正极, 短线表示电源负极, 电源电动势方向由其负极指向正极, 和其两端电压的方向相反);  $R_0$  表示电源内阻;  $R$  表示导体电阻; 规定电流  $I$  的方向如图中所示, 则

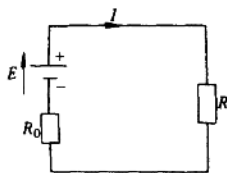


图 1-5 电路示例

$$E = R_0 I + RI = (R_0 + R)I$$

所以

$$I = E/(R_0 + R) \quad (1-9)$$

此式称为全电路欧姆定律。

## 二、电路的有载工作状态、开路及短路

图 1-6 所示电路,  $E$  表示电源电动势;  $R_0$  表示电源内阻;  $U$  表示电源端电压;  $R$  表示负载电阻,  $I$  表示电路中的电流。

(一) 电路的有载工作状态 图 1-6 所示电路, 在开关  $K$  闭合的情况下, 电源与负载接通, 这时就是电路的有载工作状态。

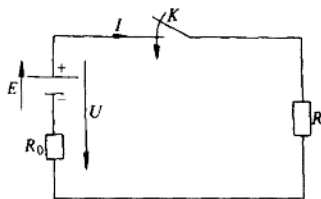


图 1-6 电路的有载工作状态

在电路的有载工作状态下

$$I = E/(R_0 + R)$$

此式说明，电源内阻越小，电路中的电流越大。

$$U = RI = E - R_0 I$$

此式说明，电源内阻越小，电源的端电压即负载上的电压越大。

上式两端同时乘以  $I$ ，得

$$UI = EI - R_0 I^2$$

即

$$P = P_E - P_0$$

式中  $P$ ——电源输出的功率即负载吸收的功率， $P = UI$ ；

$P_E$ ——电源产生的功率， $P_E = EI$ ；

$P_0$ ——电源内阻消耗的功率， $P_0 = R_0 I^2$ 。

此式说明，电源产生的功率等于负载吸收的功率与电源内阻消耗的功率之和。电源内阻越小，电源输出的功率即负载吸收的功率越大。

通常电源内阻很小，所以在进行电路的分析时，有时忽略电源内阻。但电源内阻较大时，就不可以忽略。

(二) 开路 图 1-6 所示电路，在开关  $K$  断开的情况下，电路处于开路状态，这时电路如图 1-7 所示。

在电路处于开路状态时

$$I = 0$$

$$U = E = U_0$$

$$P = 0, P_E = 0, P_0 = 0$$

当电源开路时，电源的端电压称为开路电压，以  $U_0$  表示，它在数值上等于电源电动势。

(三) 短路 图 1-6 所示电路，电源两端不经过负载而直接连接在一起时，电路处于短路状态，这时电路如图 1-8 所示。

在电路处于短路状态时

$$I = E/R_0 = I_k \quad (I_k \text{——短路电流})$$

$$U = 0$$



$$P = 0, P_E = EI_k, P_0 = R_0 I_k^2, P_E = P_0$$

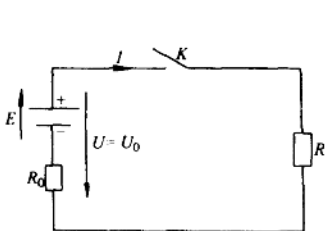


图 1-7 电路的开路状态

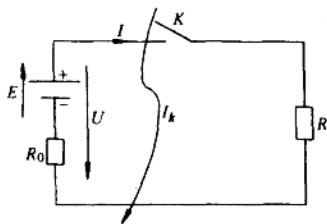


图 1-8 电路的短路状态

在电路处于短路状态时，由于电源内阻很小，所以短路电流很大，这时电源产生的功率全部被其内阻所消耗，有可能烧毁电源，因此在电路中，应避免短路发生。

### 三、电阻的串联及并联

(一) 电阻的串联 如图 1-9a 所示，把两个或两个以上的电阻顺次连接在一起，称为电阻的串联。电阻串联的等效电路如图 1-9b 所示。

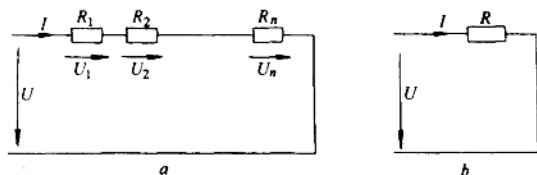


图 1-9 串联电路

a. 电阻的串联 b. 等效电路

电阻的串联，具有以下特点：

1. 各个电阻通过同一个电流  $I$ 。
2. 电路的总电压等于各个电阻上电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$

3. 电路的总电阻等于各个电阻之和，即