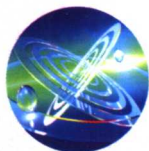


实用电工技术必读丛书 SHIYONGDIANGONG  
JISHUBIDU  
CONGSHU

# 实用

# 电工技术问答



人民出版社

实用电工技术必读丛书

# 实用电工技术问答

主 编	李 强		
副主编	李 刚		
编 委	王晓梅	王佳月	李敏鹰
	张艳玲	陈志宏	胡宝力
	费宏伟	高雅君	钱文艳

延边人民出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

实用电工技术问答/李强主编,李刚副主编. —延吉:延边人民出版社,2003.4

ISBN 7-80648-964-9

(实用电工技术必读丛书)

I.实... II.李... III.电工技术-问答 IV.TM-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 025806 号

## ·实用电工技术必读丛书· 实用电工技术问答

---

主 编:李 强  
责任编辑:金河范  
出 版:延边人民出版社  
经 销:各地新华书店  
印 刷:长春市东文印刷厂  
开 本:850×1168 毫米 1/32  
字 数:4200 千字  
印 张:200  
版 次:2003 年 6 月第 1 版  
印 次:2003 年 6 月第 1 次印刷  
印 数:1-2000 册  
书 号:ISBN 7-80648-964-9/TM·2

---

总定价:300.00 元(单册:20.00 元 共 15 册)

## 内容提要

本书以问答的形式,论述了现代电工技术的基础理论和实际应用。为了满足广大技术工人的岗位培训,不断提高技术工人的理论技术水平和实际操作技能,增强技术工人在科技飞速发展形势下的技术素质以及市场经济体制中的竞争能力,我们特编此书,以飨读者。

本书内容包括:电工基础、安全用电常识、变压器、电动机和启动设备、配电装置、架空线路、室内布线、电气设备的保护、防雷与接地、电工常用仪表知识等。

本书具有技能性、通用性和新颖性。适合广大电工和技术人员阅读参考。

限于水平,书中疏漏不当之处,在所难免。恳请广大读者批评指正。

## 目 录

第一章	电工基础	1
第二章	安全用电常识	48
第三章	变压器	93
第四章	电动机和起动设备	129
第五章	配电装置	197
第六章	架空线路	236
第七章	室内布线	268
第八章	电气设备的保护、防雷与接地	327
第九章	电工常用仪表知识	394

## 第一章 电工基础

### 一、电是什么？

在我们日常生活中，几乎到处都要用电。但是电究竟是什么呢？我们知道，物质是由分子所组成，而分子是由原子所组成，原子则由原子核和电子组成。原子核带正电，电子带负电，这就是我们平常所说的电。

正常情况下，原子核带的正电和电子所带的负电数量相等，因此正负电荷中和，对外并不呈现电的现象。只有在物质得到或失去电子时，才能呈现电性。

### 二、电有那些性质？

在物质的原子结构中，电子分数层按照一定的轨道围绕原子核旋转。正常情况下，这些电子被原子核束缚，不会脱离自己的轨道，而成为自由电子。也就是说，在正常情况下物质不会呈现电性。

但如果由于某种原因（例如摩擦），使物体失去了电子，则该物体就带了正电。反之，获得了电子就带了负电。试验证明：电荷之间存在着作用力，同性电荷互相排斥，异性电荷互相吸引。

### 三、什么是导体、绝缘体和半导体？

凡是能够导电的物体，如铜、铝等金属，就称为导体，不能导电的物体，如橡皮、玻璃、塑料等，称为绝缘体，而导电性能介于导体和绝缘体之间的物体（如硅、锗等材料），称为半导体。

导体的电阻率一般在  $10^{-2} \sim 1$  欧·平方毫米/米之间，绝缘体

的电阻率很大，在  $10^{13} \sim 10^{20}$  欧·平方毫米/米之间，而半导体的电阻率则在  $10 \sim 10^{13}$  欧·平方毫米/米之间。

#### 四、为什么导体很容易导电，而绝缘体则不易导电？

其原因在于物质内部结构。如铜、铝的原子结构有很多电子分数层沿不同的轨道围绕着原子核旋转，由于最外层的电子受原子核的束缚力最小，比较容易挣脱束缚而离开原子核成为自由电子。如果这些自由电子在外力的作用下按同一方向运动，就形成了电流，所以铜、铝最易导电。

在绝缘体中，原子核对电子的束缚力很强，在一般情况下，不能产生大量的自由电子，所以就不易导电。

#### 五、为什么一般绝缘材料的绝缘电阻随着温度的升高而减小，而金属导体的电阻却随着温度升高而增加？

一般绝缘材料可认为是一个电阻系数很大的导电体，其导电性质是离子性的，而金属导体的导电性质是自由电子性的。

在离子性导电中，代表电流流动的电荷是附在分子上的，它不能脱离分子而移动。当绝缘材料中存在一部分从结晶晶格中分离出来的原子离子时，则绝缘材料具有一定的导电能力。当温度升高时，材料中原子、分子的活动增加，产生离子的数目也增加，所以导电能力增强，绝缘电阻就降低了。

而在自由电子性导电的金属导体中，其所具有的自由电子数量是固定不变的，而且不受温度的影响。当温度升高时，材料中的原子、分子活动力增强，自由电子移动时与分子的碰撞的可能性增加，因此所受的阻力很大，所以，金属导体当温度升高时电阻增加。

#### 六、什么叫超导体

电流在导体内流动时，由于导体本身电阻的存在，将在导体内产生损耗引起发热，从而限制了导体导电能力。

而某种金属在摄氏零下 273 度的绝对温度下，电阻会突然消

失，这种金属电阻完全消失的特殊现象，称超导电性，具有超导电性的金属称超导体。

如果采用超导体来制作电机的电枢和磁场绕组，由于电流在超导体内流动时，不会产生任何损耗，从而使电机的效率得到很大的提高。超导体电机的效率可达 99% 以上，在同体积同重量的情况下，超导体电机的容量可提高十倍，从而改变了电机的极限容量。

### 七、何谓电场和电场强度？

在带电体周围的空间，任何电荷都要受到力的作用，这种力称为电场力，而表现有电场力作用的空间称电场。

电场强度是用来表示电场中各点场的强弱和方向的一个物理量。它的定义是：单位正电荷在电场中某一点所受力的作用大小，叫该点的电场强度。简称场强，用符号  $E$  来表示。

$$E = \frac{F}{q_0}$$

式中  $q_0$ ——试验电荷；

$F$ ——电场力。

一般来说，电场中各点的场强是不一样的，离带电体越远，电场越弱。

### 八、什么叫静电感应？

一个不带电的物体，如果靠近带电物体，虽然没有接触，但不带电物体上也会出现电荷。这是什么原因呢？我们知道，所有物质所带的正电荷与负电荷数量刚好相等，这样正负电荷恰好中和，所以就不呈现电性。当一个不带电物体靠近带电物体时，如果带电物体所带的是正电荷，它和负电荷是相吸的，而和正电荷是相斥的，这时靠近带电物体的一面带负电，而另一面就带正电。如果把带电物体取走，不带电物体的正负电荷又中和了，仍不带电，这种现象称静电感应。



### 九、什么叫静电屏蔽？

导体在外界电场的作用下，会产生静电感应现象，如果把导体用一个金属罩罩住，则导体便不会产生静电感应现象。这种隔断静电感应的作用，叫做静电屏蔽。

利用静电屏蔽，可使某些电子仪器免受外电场的干扰。另外，利用静电屏蔽的原理制成的均压服，能够使人在超高压的电场中安全地进行带电作用。

### 十、尖端放电的工作原理是什么？

如把导体放到电场中，由于静电感应的结果，在导体中会出现感应电荷。感应电荷在导体表面的分布情况决定于导体表面的形状，导体表面弯曲（凸出面）程度愈大的地方，所聚集的电荷就愈多；比较平坦的地方电荷聚集的就少。在导体尖端的地方由于电荷密集，电场很强，在一定的条件下即可导致空气击穿而发生“尖端放电”现象。

如变电所和高大建筑物所安装的避雷针，就是利用尖端放电的原理而设置的。

### 十一、什么叫电流和电流强度？

导体中的自由电子在电场力的作用下，做有规则的定向运动，就形成了电流。习惯上规定：电流是由高电位流向低电位，而电子是由低电位流向高电位，正电荷移动的方向作为正方向。

以上所说的导体是指金属导体而言，对于其它类型的导体（如电解液和电离气体），参加运动的导电粒子则不同。在电解液中是正负离子，而在电离气体中，则自由电子、正、负离子三者兼有。

为了衡量电流的强弱，引入了电流强度这个物理量，它的定义为单位时间内通过导体截面的电荷量，即

$$I = \frac{Q}{t}$$

在实用单位制中，电荷量的单位是库仑，时间的单位是秒，

则电流的单位是安培，简称安，用符号 A 来表示。1 安电流相当于每秒钟在导体的截面通过 1 库仑的电量，约为  $6.4 \times 10^{18}$  个电子所带电荷的总和。

## 十二、什么叫电源？

能将其它形式的能量转换成电能的设备叫电源。发电机、蓄电池和光电池等都是电源，它们分别把机械能、化学能和光能等转换成电能。

## 十三、什么叫电动势？

在电源力的作用下，将导体内部的正负电荷推移到导体的两端，使其两端具有电位差，这个电位差叫电动势，电动势的单位用伏特来表示。

## 十四、什么叫电源的串联？

电源的串联如图 1-1 所示。

把第一个电池的正极接到第二个电池的负极上，第二个电池的正极接到第三个电池的负极上，第三个电池的正极和第一个电池的负极作为接负载的两个端头，这种联接方法，叫做电源的串联。

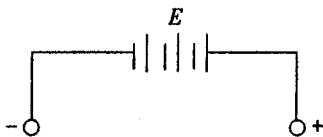


图 1-1 电源的串联

串联电池的总电势（即电压）等于各个电池的电势之和。用公式来表示

$$E = E_1 + E_2 + E_3$$

式中  $E$ ——串联电池的总电势，伏；

$E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ ——各个电池的电势，伏。

## 十五、什么叫电源的并联？

把电池的正极和正极连接起来，引出一段接线端头；再把电池的负极和负极连接起来，引出如一段接线端头，这两个接线端即可接负载，这种连接方法叫电源的并联。

图 1-2 所示。

电源并联后，电路上的总电压等于各个电池的电压；总电流等于各个电池所供给的电流之和。换言之，并联电压相等，电流增大。

十六、短路、断路是什么意思？

电气设备在正常运行时，其电流的途径是由电源的一端经电气设备的绕组流回电源的另一端而成闭合回路。如果由于某种原因，使绕组的绝缘破坏或发生相间碰线，由此导致电流剧增的现象叫做短路。

在闭合回路中，如果发生断线使电流不能导通的现象称做断路。

十七、什么是热电效应？

将两根不同金属导线的两端分别连接起来，组成一闭合回路，一端加热，另一端冷却，导线中将产生电流。另外，在一段均匀导线上如果有温度差存在时，也会有电动势产生，这些现象称为热电效应。

热电效应是可逆的，单位时间内的发热量  $Q$  与电流强度成正比，并且与两端金属的性质有关。

工业上用来测量高温的热电偶，就是利用热电效应原理制成的。

十八、什么是光电效应？

光照射在某些物体上，使它释放出电子的作用称光电效应。从晶体和半导体中释放出的电子，使其导电性增大，称内光电效应；所放出的电子脱离了物体，称外光电效应；而用电子冲击物质使它发光的现象，称为反应电效应。

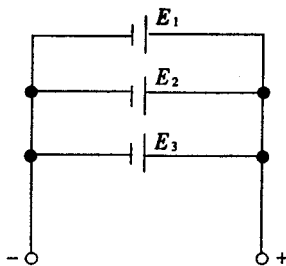


图 1-2 电源的并联

太阳能电池、光电管、光敏电阻等，就是利用光电效应而制成的。

十九、什么叫电阻？电流在导体内流动为什么会受到阻力？

电流在导体内流动所受到的阻力叫电阻。为什么电流在导体内流动会受到阻力呢？我们知道，电流是自由电子沿着一定的方向运动所形成的，自由电子在运动的过程中，有时被其它原子拉住，而别的电子又被推出来，这样拉来推去，使电子的运动受到了阻力。

电阻常用的单位是“欧姆”，简称“欧”，用字母“ $\Omega$ ”来表示。另外，根据测量的要求，电阻的单位还有“兆欧”、“千欧”和“毫欧”、“微欧”等单位，分别用“ $M\Omega$ ”、“ $k\Omega$ ”和“ $m\Omega$ ”、“ $\mu\Omega$ ”表示，它们的关系是：

$$1M\Omega = 10^6\Omega$$

$$1k\Omega = 10^3\Omega$$

$$1m\Omega = 10^{-3}\Omega$$

$$1\mu\Omega = 10^{-6}\Omega$$

二十、什么叫电阻率？怎样计算导体的电阻值？

所谓电阻率，是指各种导体长为1米，截面积为1平方毫米，温度为 $20^\circ\text{C}$ 时所测的电阻数值叫该导体的电阻率，用字母 $\rho$ 表示。常用材料的电阻率如下表1-1所示。

表 1-1 常用材料的电阻率

材 料 名 称	电 阻 率 $\rho$
银	0.0165
铜	0.0175
铝	0.0283
钨	0.0548
铁	0.0978
铅	2.222

计算导体的电阻可用下式

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中  $R$ ——导体电阻，欧；

$\rho$ ——导体的电阻率，欧·毫米<sup>2</sup>/米；

$L$ ——导体长度，米；

$S$ ——导体截面，毫米<sup>2</sup>。

### 二十一、什么叫欧姆定律？

欧姆定律反映了电路中电阻、电压、电流的相互关系，它不仅适用于直流电路，也适用于交流电路。它常用以下两种形式来表示：

#### 1. 部分电路的欧姆定律：

根据试验，当导体中的电阻一定时，流过导体的电流与两端电压成正比。

当导体两端的电压一定时，流过导体的电流与其电阻成反比。用公式表示为：

$$I = \frac{U}{R}$$

应用欧姆定律不仅可以计算电流，也可以计算电压  $U = IR$  及电阻  $R = \frac{U}{I}$ 。所以只要知道其中的两个量，代入公式即可求出第三个量。

#### 2. 全电路欧姆定律：

最简单的全电路如图 1-3 所示。如已知电源电动势  $E$ ，电源内阻  $r$  和负载电阻  $R$ ，测电流  $I$  可由全电路欧姆定律表示为

$$I = \frac{E}{R + r}$$

例：电池的电动势  $E = 1.5$  伏，

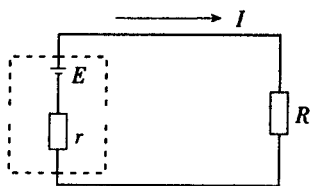


图 1-3 电源可用电动势和内阻串联的电路表示

内阻  $r = 0.3$  欧，电阻  $R = 2.7$  欧，求电路中的电流？

解：根据公式可得

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{1.5}{2.7 + 0.3} = 0.5 \text{ (安)}$$

## 二十二、什么是线性电阻和非线性电阻？

线性电阻的阻值不随着电压、电流的变化而改变，是一常数，其伏安特性为一直线。线性电阻上的电流与电压关系服从欧姆定律，我们一般常用的电阻多数为线性电阻。

非线性电阻的阻值随着电压、电流的变化而改变，其伏安特性为一曲线，所以不能用欧姆定律来直接运算，只能根据伏安特性用做图的方法来求解，例如晶体二极管就是一个非线性电阻元件。

## 二十三、什么是电功率？它是怎样表示的？

单位时间内电场力所做的功称为电功率。即

$$P = \frac{A}{t}$$

式中  $P$ ——电功率（瓦特）；

$A$ ——电功（焦耳）；

$t$ ——时间（秒）。

电功率的单位用瓦特表示（W），1瓦特等于1焦耳/秒，它的大单位则是千瓦特（KW），简称“千瓦”。它们的换算关系是：

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

电功率的实用中还有另一种单位，即马力（PS），瓦特与马力的换算关系为：

$$1 \text{ PS} = 736 \text{ W} = 0.736 \text{ KW}$$

## 二十四、电功率与电能有什么区别？

电功率与电能的区别在于：电能是指一段时间内电源力所做的功；而电功率则是指单位时间内电源力所做的功。它们之间的关系是

$$W = pt$$

式中  $p$ ——电功率 (千瓦);

$t$ ——时间 (小时);

$W$ ——电能 (度)。

1 千瓦的负载在 1 小时内所消耗的电能 1 度电。

### 二十五、什么叫效率?

由于能量在转换和传递过程中,不可避免地产生各种损耗,即输出功率总是小于输入功率。为了衡量能量在传递过程中损耗的程度,我们把输出功率和输入功率之比(用百分数表示)定义为效率。即

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

式中  $\eta$ ——效率;

$P_2$ ——输出功率;

$P_1$ ——输入功率。

### 二十六、什么是电流的热效应? 它有何利弊?

当电流通过电阻时,要消耗能量而产生热量,这种现象称电流的热效应。如常用的电炉、白炽灯、电烙铁、电烘箱等都是利用电流的热效应而制成的电器。但电流的热效应也带来了很大的麻烦,在电机、变压器、电力线路等设备中,电流通过绕组或导线所产生的热量限制了设备的利用率。同时对系统的安全运行,也是一种不利因素。

### 二十七、什么是楞次 - 焦耳定律?

电流通过导体时,将在导体上产生热量。其热量的大小与流过导体电流值的平方、导体本身的电阻以及通电的时间成正比。这就是楞次 - 焦耳定律。

试验表明: 1 欧电阻的导体通过 1 安电流时,每秒钟所产生的热量为 0.24 卡。公式如下:

$$Q = 0.24 I^2 R t$$

式中  $Q$ ——热量 (卡);  
 $I$ ——电流 (安);  
 $R$ ——电阻 (欧);  
 $t$ ——时间 (秒)。

注: 1 卡等于把 1 克水升高  $1^{\circ}\text{C}$  时所需的热量。

### 二十八、何谓节点电流定律?

节点电流定律也称克希荷夫第一定律, 它表示连接在同一节点各个支路电流间的关系。在电路中, 流进节点的电流和, 等于流出节点的电流和, 即流进或流出任一节点的电流代数和等于零。用公式来表示

$$\sum I = 0$$

### 二十九、何谓回路电压定律?

回路电压定律亦称克希荷夫第二定律, 它是说明回路中电动势及电压降之间关系的一条基本定律。

电路中的任一闭合回路, 电位升 (电动势) 的代数和等于电位降 (电压降) 的代数和。用公式表示:

$$\sum E = \sum IR$$

式中电动势和电压降的正负号规定如下: 在回路中任取一环绕方向, 若电动势或电流方向与环绕方向一致时, 取正号, 反之则取负号。若回路中无电动势, 则公式左端应取零。用下式来表示

$$\sum E = \sum IR = 0$$

### 三十、什么是电阻的串联? 怎样计算串联电路的电阻值?

把电阻一个接一个成串的联接起来, 使电流只有一条通路, 叫做电阻串联。

串联电阻的总电阻可用下式计算:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

式中  $R$ ——串联电路的总电阻, 欧;



$R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ ……—串联电路的各分电阻，欧。

如通过串联电路的电流为  $I$ ，可按欧姆定律计算各电阻的电压降。公式为

$$U_1 = IR_1 \quad U_2 = IR_2$$

由此可知，在串联电路中，总电压等于各电阻的电压降之和。即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

式中  $U$ ——总电压，伏；

$U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$ ……—各串联电阻上的电压降，伏。

三十一、两电阻串联，各电阻上的电压怎样分配？

各电阻上的电压分配关系，可按分压公式来求得

$$U_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

式中  $U_1$ —— $R_1$  两端的电压；

$U_2$ —— $R_2$  两端的电压；

$U$ ——加到两电阻上的总电压。

由上可知：总电压是按电阻值成正比的关系分配在两个电阻上的，即电阻大的分得电压大，电阻小的分得电压小。

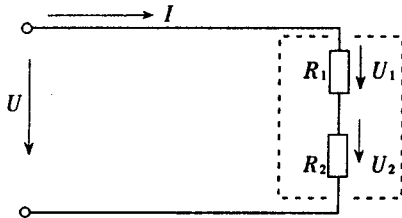


图 1-4 两个电阻串联图

三十二、什么叫电阻的并联？怎样计算并联电阻值？

在电路中，把电阻相互并排的联接起来，使电流有几条通