

第一篇 家庭装修电工

一、基础电工常识

1. 什么是电路？

电能是自然界的一种能量，这种能量需要电路进行转换、控制和传输。电路就是电流所流经的闭合回路的总称。

电路一般由电源、负载、导线、控制设备这四大部分组成。

(1) 电源

电源是电路中提供电能的设备，其功能是将化学能、机械能、太阳能或其他形式的能转换为电能。例如，干电池是将化学能转换为电能的电源；太阳能电池是把太阳能转换为电能的电源；发电机是将机械能转换为电能的电源。

(2) 负载

负载是电路中消耗电能的设备。其功能是将电能转换为其他形式的能。所有的家用电器、电动工具都是负载。例如，灯泡是将电能转换成光能；电热器是将电能转换成热能；换气扇是将电能转换成机械能。这些用电设备统称为负载。

(3) 导线

它将电源与负载连接起来，组成通路，引导电流的运动，进行能量的传输。常用的导线多由铜或铝制成，家庭布线一般采用铜导线。

(4) 控制设备

它的功能是控制或分配电能，合理用电，安全用电。最常用的是开关，它用来接通或切断电源，控制着能量的传递。

图 1-1 所示为一个简单的直流电路，它由干电池、小灯泡、

开关和连接导线所组成。当开关闭合,小灯泡就亮了。这是因为当开关闭合,就构成了电流的通路。为了反映出电路的物理本质,我们用电气元件的图形符号来画出电路,这种图称为电路图。如图 1-2 所示。但电路图只反映实际电路中各元件的连接关系,并不反映实际电路中各元件的安装位置。

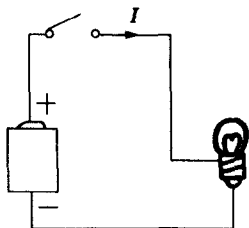


图 1-1 电路实例

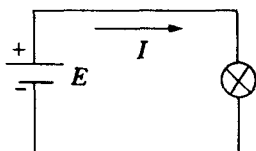


图 1-2 电路图

电路有通路、断路和短路三种情况。

在电路里有电流流过负载,负载可以正常工作,就叫通路,或叫闭合电路,属于电路正常工作状态。如图 1-3 即为通路。

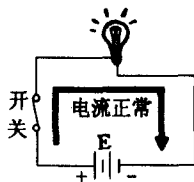


图 1-3 通路

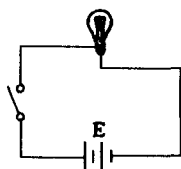


图 1-4 断路

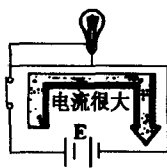


图 1-5 短路

如果电路和任何一个地方断开,电路中没有电流,这就叫做断路或叫开路。通常用开关来控制电路的通断。当开关闭合时,就形成通路;当开关打开时,就形成断路如图 1-4,这时负载就停止工作。

如果有一根导线把电源的两极直接连接,如图 1-5 所示,电流不通过负载而从该导线中直接通过,这里电流会比正常时

大得多,这种现象叫做短路。短路时,电流很大,会损坏电源,烧毁导线,甚至造成火灾等。因此要特别注意防止短路事故,以确保安全。

2. 什么是电阻?

电荷在导体中受电场力作用形成电流时会受到阻碍。我们把导体对电流的阻碍作用称作导体的电阻,用 R 表示。电阻的单位是欧姆(Ω),常用的单位还有千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$)。它们之间的关系是:

$$1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

实验证明导体的电阻大小与导体长度 L 成正比,与导体的横截面积 S 成反比,另外还与导体材料有关。即:

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

式中: ρ ——导体材料电阻率($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$);

L ——导体长度(m);

S ——导体横截面积(mm^2);

R ——导体电阻(Ω)。

不同导体材料,其电阻率是不同的,表 1-1 是一些常用材料在 20°C 时的电阻率。导体一经确定,不管其两端电压、流过的电流怎样变化,其电阻值是不变的。

导体的电阻不仅和材料有关,而且和温度有关。大多数导体的电阻值会随着温度升高而增大,这就是为什么白炽灯大都在开灯的时候烧断灯丝的原因。白炽灯发光时,其温度可高达 2000°C ,其阻值会比刚开灯时大几十倍,因此,刚开灯时,灯丝常承受不了大电流而烧毁。少数导体的电阻则会随着温度升高而减小,如碳等。

表 1-1 几种常用电工材料的电阻率及用途

材料名称	电阻率(20℃)($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	用 途
银	0.0165	导线
铜	0.0175	导线,主要的导电材料
铝	0.0283	导线
铂	0.106	热电偶或电阻温度计
康铜	0.44	标准电阻
锰铜	0.42	标准电阻
镍铬铁合金	1.12	电炉丝
铜铬铁合金	1.3~1.4	电炉丝
碳	10	电刷

利用电阻率大的金属材料可制成各种规格的电阻器,简称为电阻。电阻是实际电路中常应用的元件。

电阻可分为固定电阻和可变电阻两类。在每个电阻上均标出额定功率、标称阻值、允许误差等额定数值。电阻在使用中实际的功率不可超过额定功率值,否则会被烧坏,电阻的允许误差代表电阻器的精密度,普遍分为 $\pm 5\%$ (Ⅰ级)、 $\pm 10\%$ (Ⅱ级)和 $\pm 20\%$ (Ⅲ级)。

目前国产电阻器还标有其他一些符号,其意义见表 1-2 所示。

表 1-2 电阻器的符号

顺 序	类 别	名 称	符 号
第一位	主称	电阻器 电位器	R W
第二位	导体质料	碳膜 金属膜 金属氧化膜 线绕	T J Y X
第三位	形状性能	大小 精密 测量 高功率	X J L G

例如 RT 表示碳膜电阻, RX 表示线绕电阻, RJJ 表示精密金属膜电阻, RTL 表示测量用碳膜电阻。

小型电阻器中有用色环表示阻值和精度的, 各种颜色分别代表数字, 见表 1-3。

表 1-3 电阻色环的意义

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白
数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

小型电阻有四个色环, 前两个色环表示两位有效数字; 第三个色环表示倍率, 即为 10^n 次方数; 第四个色环则表示电阻的允许误差, 一般有金、银、天蓝色三种, 分别代表 5%、10%、20%。

例如色环电阻第一环为橙色, 第二环为黑色, 第三环为红色, 第四环为银色, 则表示阻值为 $30 \times 10^2 = 3k\Omega$, 允许误差为 10%。

3. 什么是欧姆定律?

当导体温度不变时, 通过导体中的电流与加在它两端的电压成正比, 与电阻成反比, 电流、电压、电阻三者之间的这种规律叫作欧姆定律。其公式是:

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

式中: I ——电流(A),

U ——电压(V),

R ——电阻(Ω)。

欧姆定律的表达式还可以写成 $U = I \cdot R$ 或 $R = \frac{U}{I}$ 。

欧姆定律的数学表达式中, 只要知道电流、电压、电阻三个量中的任意两个量, 就能求出第三个未知量。

运用欧姆定律时,需注意两点:

- (1) 电流、电压、电阻三个量必须是同一个元件上的 3 个量;
- (2) 单位要统一。

4. 什么是串联和并联?

串联和并联都是电阻或电器的连接方法。

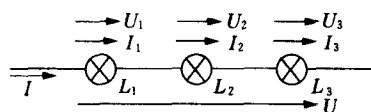


图 1-6 串联电路

(1) 串联

串联是把几个电阻或电器成串接起来,图 1-6 所示是 3 个小灯泡组成的串联电路。

串联电路有以下几个特点:

- ① 串联电路中电流处处相等,即:

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

- ② 串联电路中总电压等于每个电阻上电压之和,即:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

- ③ 串联电路中总电阻等于每个电阻之和,即:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

- ④ 串联电路中,每个电阻两端电压和电阻成正比,即:

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3}$$

由串联电路的特点可以看出,串联电阻可以起分压和限流作用。电阻越大,其分压也越大,而电流则会变小。我们见到将数十个小彩灯串联起来,接到市电上,作为彩灯串,这就是利用了串联分压的原理。串联电路有个缺点,就是串联电路中有一个电阻或用电器损坏,整个电路就断路不通了。所以在同类电器的连接时,一般都不采用串联方式。不过,所有电路中的开

关,却都是利用这个道理串接在电路中,控制电路的通、断。

(2) 并联

并联就是把几个电阻或电器并排地连接起来。图 1-7 所示是 3 个灯泡组成的并联电路。

并联电路有以下特点:

① 各并联电阻两端承受同一电压,如图 1-7 中 3 个灯泡所承受电压均等于电源电压,即:

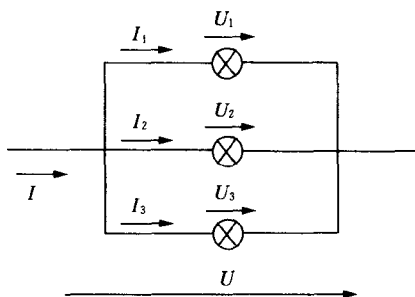


图 1-7 并联电路

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

② 总电流等于每个灯泡的电流之和,即:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

③ 总电阻的倒数等于每个分电阻倒数之和,即:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

④ 并联电路中,每个电阻的电流和自身的阻值成反比。也就是电阻越大,流过它的电流越小;电阻越小,流过它的电流越大。

从并联电路的特点可以看出,电阻并联可起分流作用,而分流大小与自身电阻大小成反比。即电阻值越小,分流值越大;电阻值越大,分流值越小。

平时,照明灯泡一般都采用并联方式。各个电灯都并联在电网上,这可使每个灯泡或电器获得相同电压,且每个灯泡、电器之间互不影响,即如果其中的一个出现了故障,其他的仍能够

正常工作。

5. 什么是电功率和电功?

我们平时购买家用电器时,总要了解其消耗功率是多少,这样可以知道,该电器要用多少电。这里所指明的消耗功率就是电功率。其实电功率和电功是密切相关的两个重要的参数。

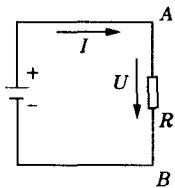


图 1-8 电功的定义

我们知道物体在力的作用下发生位移就要作功。同样,如图 1-8 所示电路,电荷在电场力的作用下,从 A 点通过导线、负载,运行到 B 点时,我们就说电场力作了功,简称为电功。

电功是电场力把单位正电荷从 A 点经负载 R 移到 B 点所做的功,那么当通过 R 的电量为 q 时,电场力所作的功为:

$$W = U \cdot q$$

式中: U ——电压(V);

q ——电量(C);

W ——电功(J)。

电功率是单位时间内所作的电功,用 P 表示,即:

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

式中: W ——电功(J);

t ——时间(s);

P ——电功率(W)。

因为 $W = U \cdot q$, $I = \frac{q}{t}$ 所以,电功率的公式可以变换为:

$$P = \frac{U \cdot q}{t} = U \cdot \frac{q}{t} = UI$$

式中： U ——电压(V)；

I ——电流(A)；

P ——电功率(W)。

电功率的单位，除瓦(W)外，还有千瓦(kW)和毫瓦(mW)，其关系为：

$$1\text{kW} = 10^3\text{W}, 1\text{W} = 10^3\text{mW}$$

$$\text{电功率的计算公式还有 } P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

电功的实际计算公式为：

$$A = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$$

当电功率的单位为瓦(W)，时间单位为秒(s)，则功的单位为焦耳(J)，但日常生活中电功的单位则采用千瓦·小时，叫做“度”，用kwh表示，其物理含义是1千瓦的电器，工作1小时，所消耗的电功为1度电。

我们平时用的电度表量度的是电功。也就是说电度表所测量的用电量其实是电场力做功的量。

6. 电流是怎样产生热量的？

电热器具如电熨斗、电饭锅、电烤箱、三明治炉、电炉、电烙铁等通电以后就会发热，这说明电流流过导体时做了功，并且将电能转化为热能，这种现象叫做电流的热效应。

根据能量守恒定律，电流通过导体所做的功将全部转换为热能：

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

式中： I ——电流(A)；

R ——电阻(Ω)；

t ——时间(s)；

Q ——热能(卡)。

0.24 为功热转换系数,即 1 焦耳功相当于 0.24 卡的热量。从上面的公式可以看出,电流通过导体产生的热量跟电流的平方成正比,跟导体的电阻成正比,跟通电时间成正比,这个规律叫做焦耳定律。

大多数电热器具都是利用电流的热效应制成的。这些电热器的主要组成部分是发热体。发热体大多是由电阻率大、熔点高的合金丝绕制而成的,另外也有 PTC 陶瓷发热体,塑料发热体等新型的发热材料,但其也是在基材中掺入了导电材料制成的。不同电热器具的构造和用途不同,但原理都是一样的。

我们可以利用电流的热效应来制造许多电热器具,这是有利的一面。但是反过来看,它也有不利的一面,如电动机绕组或变压器由于电流热效应产生热量而使温度升高,破坏电动机或变压器的绝缘,严重时甚至会烧毁电机或变压器。为防止这种现象发生,就要解决散热问题,如电脑的机箱里装有风扇,加快散热。另外在制造电器时要限制电器设备中与产生热量有关的电流、电压,使其功率不能超过正常工作的数值,称为额定值。在电器设备的铭牌上通常都标有电流、电压、功率的额定值,在选购和使用电器设备时务必注意这个额定值。

尤其应该注意的是在家庭装修的电气工程中,要严格控制导线的线径选择。导线的连接、开关、插头、插座等用电设备的质量及额定值的选择一有不当,电流的热效应轻则会损坏用电设备,严重时甚至会引起火灾。

7. 什么是电容器?

电容器是一种储能元件。两块金属板相对平行而不接触,中间隔以绝缘材料就构成一个简单的电容器。通常我们称金属

板为极板。如果把两极分别接到电池的正负极，那么接正极的极板上就会带正电，接负极的极板上就会带负电，两极板上的异性电荷是等量的。这就叫做电容器充电，如图 1-9 所示。充电的时候，电路里就有电流。当两极板上所充电荷形成的电压与电池电压相等时，充电就停止，电路中就没有电流，相当于开路。所以说电容器能隔断直流电。

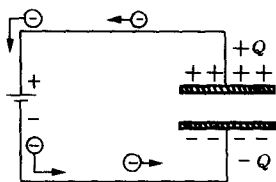


图 1-9 电容器的充电

充电后将电容器与电池断开，然后用导线把电容器两极板短接起来，在刚接通的一瞬间，导线中便有电流流通，这个电流的方向与充电时的电流方向相反。随着电流的流动，两极板之间电压也逐渐降低，直到两极板上的正负电荷完全消失为止，这种现象叫做“放电”，如图 1-10 所示。

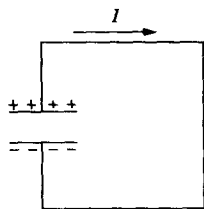
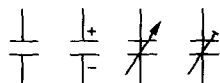


图 1-10 电容器放电



1. 固定电容器；2. 电解电容；
3. 可变电容器；4. 可变电容器

图 1-11 电容器的表示符号

电容器的种类很多，按结构可分为固定电容器（包括具有极性的电解电容）、半可变电容器、可变电容器。它们的符号如图 1-11 所示。各种电容器尽管结构不同，但其工作原理是一样的。

从理论上讲电容器具有储存电荷的特性,它储存电荷的多少,与加到电容器两端电压有关。电压越高,电容器所储存的电荷越多。但是实际上电容的大小并不仅仅决定于充电电压高低,而是和自身的结构(如极板面积、极板间距)和极板间的介质材料有关。

电容器因其自身的结构和材料,都有一个长期可靠工作的最高电压——工作电压。如果把电容器两极板间的电压升高到一定值,介质就会被击穿,这个电压值称为击穿电压。电容器的介质被击穿后,两极板间成为短路,电容器就损坏了。因此,每只电容器都有一定的耐压数值,在使用时要注意不要超过这个数值。

由于电容器有“充电”和“放电”现象,所以我们在维修带有高压电容器的电气产品,如微波炉等时,一般应先对该高压电容器进行放电,防止维修时接触到高压电容产生电击,引起伤害事故。

电容器所储存的电荷与充电电压之比表示电容器的容量,简称电容,它是用来表示电容器储存电荷能力大小的物理量,用字母 C 表示:

$$C = \frac{Q}{U}$$

式中: Q ——电容器储存的电荷量(C);

U ——充电电压(V);

C ——电容量(F)。

电容的单位是“法拉”,简称“法”,用字母“F”表示,在实用中常采用“微法”(μF)、“皮法”(pF)表示,其换算关系为:

$$1\text{F} = 10^6\mu\text{F} = 10^{12}\text{pF}$$

电容器用不同的字母表示其介质材料、形状、结构等。各种字母代表意义如表 1-4。

表 1-4 电容器上符号的意义

类 别	名 称	简 称	字 母
主称	电容器	容	<i>C</i>
介质材料	纸介	纸	<i>Z</i>
	电解	电	<i>D</i>
	云母	云	<i>Y</i>
	瓷介	瓷	<i>C</i>
	铁电	铁	<i>T</i>
形状	筒形	筒	<i>T</i>
	管形	管	<i>G</i>
	立式矩形	立	<i>L</i>
	圆片形	圆	<i>Y</i>
结构	密封	密	<i>M</i>
大小	小型	小	<i>X</i>

表中第一个字母代表电容器,第二字母代表电容器所用介质材料,以后的字母代表形状结构等。例如, *CDTM*, 为筒状密封电解电容器。

电容器的容量和耐压,一般都直接标明在电容器上面,如 $2\mu\text{F} \pm 5\% 20\text{V}$ 表示其容量为 $2\mu\text{F}$, 其容量差为 $\pm 5\%$, 耐压为 20V 。电容器正常工作时所承受的最大电压值不允许超过其所标明的耐压值,否则会出现击穿。电解电容器有正负极,使用时极性不可接错。一般金属壳电解电容器外壳是负极,中间的焊片是正极。

8. 电容器是怎样连接的?

电容器与电阻一样也有串、并联,但它的串、并联的效果与电阻的串、并联效果完全相反。

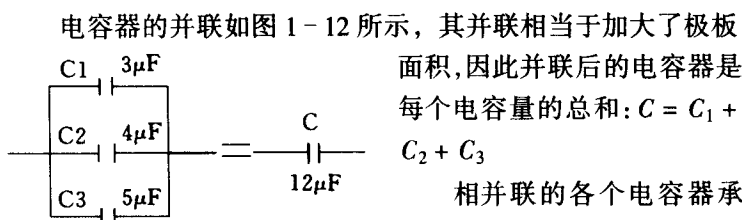


图 1-12 电容器的并联

相并联的各个电容器承受的电压是一样的，所以其耐压应该相同。如果其耐压不同，其并联后的工作电压就应取其中最低的为准。

电容器的串联相当于加大了电容器两极板之间的距离，电容量因此而减小，串联后的总电容倒数等于每个分电容倒数之和：

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

9. 什么是磁现象？

磁现象和电一样是看不见、摸不着的，但却很容易被人们感知。磁和电之间存在着密切的联系。

我们把磁石（磁铁）能吸引铁、钴、镍等物质的性质叫做磁性。磁铁两端磁性最强，称为磁极，磁铁具有指向性，指北的极为 N 极，指南的极为 S 极。两个相互靠近的磁极具有相互作用力，同极性相斥，异性性相吸。

磁极之间之所以存在相互作用，是由于存在着磁场，也就是说磁极之间的相互作用就是磁场之间的相互作用。磁场是一种特殊形态的物质，它可以形象地用磁力线来描述。图 1-13 所示是一根条形磁铁的磁场。

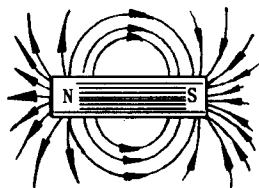


图 1-13 磁力线

从图中可见，磁力线是光滑的

不交叉的封闭曲线。在磁铁的外部,磁力线从 N 极出发回到 S 极;在磁铁的内部则从 S 极到 N 极。磁力线的方向表示磁场的方向;磁力线分布的疏密表示磁场的强弱,磁力线分布越密,磁场越强。

磁力线的根数用磁通表示。所谓磁通就是垂直穿过某一截面 S 的磁力线根数,用字母 Φ 表示,单位是韦伯,简称韦,用字母 Wb 表示,1 韦伯等于 10^7 根磁力线。

磁场中某一位置磁力线的疏密程度(磁场强弱)用磁通密度表示,也称磁感应强度。磁感应强度是垂直穿过单位面积磁力线的根数,用字母 B 表示,单位是特斯拉,简称特,用字母 T 表示。1 特斯拉是指 1 平方米面积上垂直通过 1 韦伯的磁力线。显然 B 、 Φ 、 S 三者之间存在着如下关系:
$$B = \frac{\Phi}{S}。$$

10. 什么是电流的磁现象?

电和磁之间存在着密切的关系,我们可以从下述实验中证实。

把一个磁针移近通有电流的导线,磁针会立即偏转,磁针的偏转表明在通电导体的周围产生了磁场。

通电导体周围产生的磁场的方向与产生磁场的电流方向有关。磁场方向与电流方向之间的关系,可以用右手螺旋定则来确定。对于通电直导体,用右手握导线,大拇指指向电流方向,则四指的指向为磁场方向,如图 1-14 所示。

习惯上导线中电流的方向用 $\otimes$ 和 $\odot$ 表示。 $\otimes$ 的意义是电流的方向指向纸面, $\odot$ 的意义是电流的方向从纸面流出。这样,图 1-14 可简化表示为图 1-15。

从图中可看出,通电导线周围的磁场有下列特性:

- ① 直导线周围的磁力线为同心圆;