

第一章

电路的基本概念和基本定律

第一章 电路的基本概念和基本定律

教学难点：

1. 了解电路的三种工作状态特点。
2. 理解理想元件与电路模型、线性电阻与非线性电阻的概念。

教学重点：

1. 了解电路的基本组成、电路的三种工作状态和额定电压、电流、功率等概念。
2. 掌握电流、电压、电功率、电能等基本概念。
3. 掌握电阻定律、欧姆定律、焦耳定律，了解电阻与温度的关系。

学时分配：

序号	内 容	学 时
1	绪论	0.5
2	第一节 电路	1
3	第二节 电流和电压	
4	第三节 电阻	1
5	第四节 部分电路欧姆定律	
6	第五节 电能和电功率	1.5
7	本章小结	
8	本章总学时	4

第一章 电路的基本概念和基本定律

第一节 电路

第二节 电流和电压

第三节 电阻

第四节 部分电路欧姆定律

第五节 电能和电功率

本章小结

第一节 电 路

一、电路的基本组成

二、电路模型(电路图)

一、电路的基本组成

1. 什么是电路

电路是由各种元器件(或电工设备)按一定方式连接起来的总体，为电流的流通提供了路径。

2. 电路的基本组成

电路的基本组成包括以下四个部分：

(1) 电源(供能元件)：

为电路提供电能的设备和器件
(如电池、发电机等)。

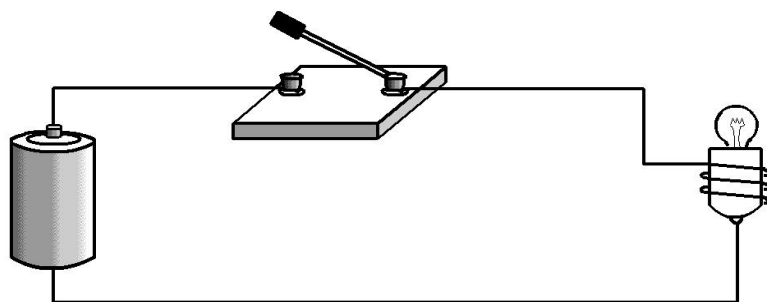


图1-1 简单的直流电路

(2) 负载(耗能元件):

使用(消耗)电能的设备和器件(如灯泡等用电器)。

(3) 控制器件:

控制电路工作状态的器件或设备(如开关等)。

(4) 连接导线:

将电器设备和元器件按一定方式连接起来(如各种铜、铝电缆线等)。

3. 电路的状态

(1) **通路(闭路)**: 电源与负载接通, 电路中有电流通过, 电气设备或元器件获得一定的电压和电功率, 进行能量转换。

(2) **开路(断路)**: 电路断开, 中没有电流通过, 有称为空载状态。

(3) **短路(捷路)**: 电源两端或电路中某些部分被导线直相连接, 输出电流过大对电源来说属于严重过载, 如没有保护措施, 电源或电器会被烧毁或发生火灾, 所以通常要在电路或电气设备中安装熔断器、保险丝等保险装置, 以避免发生短路时出现不良后果。

二、电路模型(电路图)

由理想元件构成的电路叫做实际电路的**电路模型**，也叫做实际电路的**电路原理图**，简称为**电路图**。例如手电筒的电路如图1-2所示。

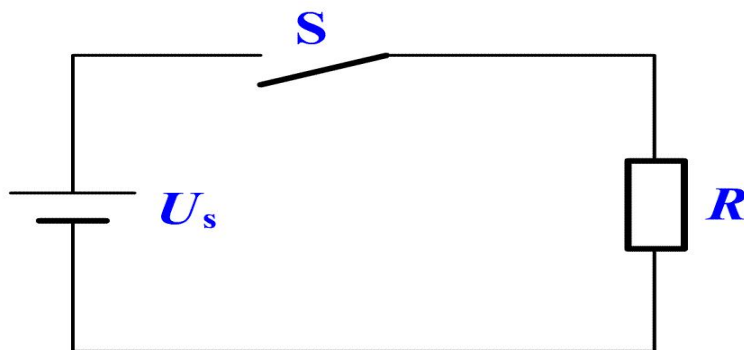
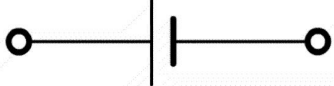


图1-2 手电筒的电路原图

电路是由电特性相当复杂的器件组成的，为了便于使用数学方法对电路进行分析，可将电路实体中的各种电器设备和元器件用一些能够表征它们主要电磁特性的理想元件(模型)来代替，而对它的实际上的结构、材料、形状等非电磁特性不予考虑。

理想元件

表 1-3 常用理想元件及符号

名称	符号	名称	符号
电阻		电压表	
电池		接地	 或
电灯		熔断器	
开关		电容	
电流表		电感	

第二节 电流和电压

一、电流的基本概念

二、直流电流

三、交流电流

四、电压

一、电流的基本概念

电路中电荷沿着导体的定向运动即形成**电流**，其方向规定为正电荷流动的方向(或负电荷流动的反方向)，其大小等于在单位时间内通过导体横截面的电量，称为**电流强度**(简称**电流**)，用符号 I 或 $i(t)$ 表示，讨论一般电流时可用符号 i 。

设在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 时间内，通过导体横截面的电荷量为 $\Delta q = q_2 - q_1$ ，则在 Δt 时间内的电流强度可用数学公式表示为

$$i(t) = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

式中， Δt 为很小的时间间隔，时间的国际单位制为秒 (s)，电量 Δq 的国际单位制为库仑 (C)。电流 $i(t)$ 的国际单位制为安培 (A)。

常用的电流单位还有毫安 (mA)、微安 (μA)、千安 (kA) 等，它们与安培的换算关系为

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}; \quad 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}; \quad 1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$$

二、直流电流

如果电流的大小及方向都不随时间变化，即在单位时间内通过导体横截面的电量相等，则称之为**稳恒电流**或**恒定电流**，简称为**直流** (Direct Current)，记为 DC 或 dc，直流电流要用大写字母 I 表示。

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{Q}{t} = \text{常数}$$

直流电流 I 与时间 t 的关系在 $I-t$ 坐标系中为一条与时间轴平行的直线。

三、交流电流

如果电流的大小及方向均随时间变化，则称为变动电流。对电路分析来说，一种最为重要的变动电流是正弦交流电流，其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化，将之简称为交流 (Alternating current)，记为 AC 或 ac，交流电流的瞬时值要用小写字母 I 或 $i(t)$ 表示。

四、电压

1. 电压的基本概念

电压是指电路中两点 A、B 之间的**电位差**(简称为电压)，其大小等于单位正电荷受电场力作用从 A 点移动到 B 点所作的功，电压的方向规定为**从高电位指向低电位**的方向。

电压的国际单位制为伏特(V)，常用的单位还有毫伏(mV)、微伏(μV)、千伏(kV)等，它们与 V 的换算关系为

$$1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}; \quad 1 \mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V}; \quad 1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}。$$

2. 直流电压与交流电压

如果电压的大小及方向都不随时间变化，则称之为**稳恒电压**或**恒定电压**，简称为**直流电压**，用大写字母 U 表示。

如果电压的大小及方向随时间变化，则称为**变动电压**。对电路分析来说，一种最为重要的变动电压是**正弦交流电压**（简称交流电压），其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化。交流电压的瞬时值要用小写字母 u 或 $u(i)$ 表示。

第三节 电 阻

一、电阻元件

二、电阻与温度的关系

一、电阻元件

电阻元件是对电流呈现阻碍作用的耗能元件，例如灯泡、电热炉等电器。

电阻定律

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

ρ ——制成电阻的材料电阻率，国际单位制为欧姆·米 ($\Omega \cdot \text{m}$)；

l ——绕制成电阻的导线长度，国际单位制为米 (m)；

S ——绕制成电阻的导线横截面积，国际单位制为平方米 (m^2)；

R ——电阻值，国际单位制为欧姆 (Ω)。

经常用的电阻单位还有千欧 ($\text{k}\Omega$)、兆欧 ($\text{M}\Omega$)

$$1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega;$$

$$1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$$

二、电阻与温度的关系

电阻元件的电阻值大小一般与温度有关，衡量电阻受温度影响大小的物理量是**温度系数**，其定义为温度每升高 1°C 时电阻值发生变化的百分数。

如果设任一电阻元件在温度 t_1 时的电阻值为 R_1 ，当温度升高到 t_2 时电阻值为 R_2 ，则该电阻在 $t_1 \sim t_2$ 温度范围内的(平均)温度系数为

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$$

如果 $R_2 > R_1$ ，则 $\alpha > 0$ ，将 R 称为**正温度系数电阻**，即电阻值随着温度的升高而增大；如果 $R_2 < R_1$ ，则 $\alpha < 0$ ，将 R 称为**负温度系数电阻**，即电阻值随着温度的升高而减小。显然 α 的绝对值越大，表明电阻受温度的影响也越大。

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

第四节 部分电路欧姆定律

一、欧姆定律

二、线性电阻与非线性电阻

一、欧姆定律

电阻元件的伏安关系服从欧姆定律，即

$$U = RI \text{ 或 } I = U / R = GU$$

其中 $G = 1/R$ ，电阻 R 的倒数 G 叫做电导，其国际单位制为西门子 (S)。

二、线性电阻与非线性电阻

电阻值 R 与通过它的电流 I 和两端电压 U 无关（即 $R = \text{常数}$ ）的电阻元件叫做**线性电阻**，其伏安特性曲线在 $I-U$ 平面坐标系中为一条通过原点的直线。

电阻值 R 与通过它的电流 I 和两端电压 U 有关（即 $R \neq \text{常数}$ ）的电阻元件叫做**非线性电阻**，其伏安特性曲线在 $I-U$ 平面坐标系中为一条通过原点的曲线。

通常所说的“电阻”，如不作特殊说明，均指线性电阻。

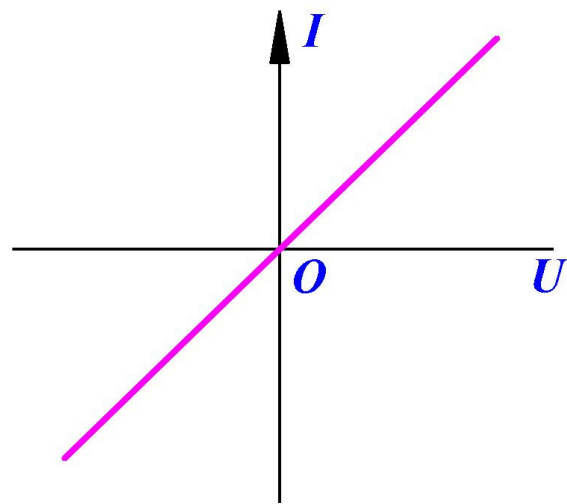


图1-4 线性电阻的伏安特性曲线

第五节 电能和电功率

一、电功率

二、电能

三、电气设备的额定值

四、焦耳定律

一、电功率

电功率 (简称**功率**) 所表示的物理意义是电路元件或设备在单位时间内吸收或发出的电能。两端电压为 U 、通过电流为 I 的任意二端元件(可推广到一般二端网络)的功率大小为

$$P = UI$$

功率的国际单位制单位为瓦特(W)，常用的单位还有毫瓦(mW)、千瓦(kW)，它们与 W 的换算关系是

$$1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}; \quad 1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$



吸收或发出：一个电路最终的目的是电源将一定的电功率传送给负载，负载将电能转换成工作所需要的一定形式的能量。即电路中存在发出功率的器件(供能元件)和吸收功率的器件(耗能元件)。

习惯上，通常把耗能元件吸收的功率写成正数，把供能元件发出的功率写成负数，而储能元件(如理想电容、电感元件)既不吸收功率也不发出功率，即其功率 $P = 0$ 。

通常所说的功率 P 又叫做有功功率或平均功率。

二、电能

电能是指在一定的时间内电路元件或设备吸收或发出的电能量，用符号 W 表示，其国际单位制为焦耳(J)，电能的计算公式为

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

通常电能用**千瓦时**(kW·h)来表示大小，也叫做**度(电)**：

$$1 \text{ 度(电) } = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

即功率为 1 000 W 的供能或耗能元件，在 1 小时的时间内所发出或消耗的电能量为 1 度。

【例1-1】 有一功率为 **60 W** 的电灯，每天使用它照明的时间为 **4 小时**，如果平均每月按 **30 天** 计算，那么每月消耗的电能为多少度？合为多少 **J**？

解：该电灯平均每月工作时间 $t = 4 \times 30 = 120 \text{ h}$ ，
则

$$W = P \cdot t = 60 \times 120 = 7200 \text{ W} \cdot \text{h} = 7.2 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

即每月消耗的电能为 **7.2 度**，约合为

$$3.6 \times 10^6 \times 7.2 \approx 2.6 \times 10^7 \text{ J}$$

三、电气设备的额定值

为了保证电气设备和电路元件能够长期安全地正常工作，都规定了额定电压、额定电流、额定功率等铭牌数据。

额定电压——电气设备或元器件所允许施加的最大电压。

额定电流——电气设备或元器件允许通过的最大电流。

额定功率——在额定电压和额定电流下消耗的功率，即允许消耗的最大功率。

额定工作状态——电气设备或元器件在额定功率下的工作状态，也称**满载**状态。

轻载状态——电气设备或元器件在低于额定功率的工作状态，轻载时电气设备不能得到充分利用或根本无法正常工作。

过载(超载)状态——电气设备或元器件在高于额定功率的工作状态，过载时电气设备很容易被烧坏或造成严重事故。

轻载和过载都是不正常的工作状态，一般是不允许出现的。

四、焦耳定律

电流通过导体时产生的热量(焦耳热)为

$$Q = I^2 R t$$

I ——通过导体的直流电流或交流电流的有效值，单位为 A。

R ——导体的电阻值，单位为 Ω 。

T ——通过导体电流持续的时间，单位为 s。

Q ——焦耳热单位为 J。

本章小结

本章介绍了电路的基本概念，内容包括：

一、电路

二、电流

三、电压

四、电功率与电能

五、电阻

一、电路

电路是由各种元器件(或电工设备)按一定方式连接起来的总体,为电流的流通提供了路径。电路的基本组成电源、负载、控制器件和联结导线等四个部分。电路有通路、开路、短路等三种状态。

由理想元件构成的电路叫做实际电路的电路模型,也叫做实际电路的电路原理图,简称为电路图。

二、电流

在电场力作用下，电路中电荷沿着导体的定向运动即形成电流，其方向规定为正电荷流动的方向(或负电荷流动的反方向)，其大小等于在单位时间内通过导体横截面的电量，称为电流强度(简称电流)。

电流的大小及方向都不随时间变化，则称为直流电流。电流的大小及方向均随时间做周期性变化，则称为交流电流。

三、电压

电压是指电路中两点 A、B 之间的电位差，其大小等于单位正电荷因受电场力作用从 A 点移动到 B 点所作的功，电压的方向规定为从高电位指向低电位的方向。

电压的大小及方向都不随时间变化，则称之为直流电压。电压的大小及方向均随时间做周期性变化，则称为交流电压。

四、电功率与电能

电功率是电路元件或设备在单位时间内吸收或发出的电能，

$$P = UI。$$

电能是指在一定的时间内电路元件或设备吸收或发出的电能， $W = P \cdot t = UI t$

$$1\text{度(电)} = 1\text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6\text{ J}$$

为了保证电气设备和电路元件能够长期安全地正常工作，都规定了额定电压、额定电流、额定功率等铭牌数据。

五、电阻

1. 电阻元件是对电流呈现阻碍作用的耗能元件，电阻定律为

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

电阻元件的电阻值一般与温度有关，衡量电阻受温度影响大小的物理量是温度系数，其定义为温度每升高 1°C 时电阻值发生变化的百分数，即

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$$

2. 电阻元件的伏安特性关系服从欧姆定律，即 $U = RI$ 或 $I = U/R = GU$ 。其中，电阻 R 的倒数 G 叫做电导，其国际单位制为西门子(S)。

3. 电流通过导体时产生的热量为 $Q = I^2 R t$ (焦耳定律)。