

第一章 电路的基本概念

本章提要 (Chapter Outline)

- 1 - 1 引言
- 1 - 2 电路和电路模型
- 1 - 3 电流
- 1 - 4 电压
- 1 - 5 电阻元件和欧姆定律
- 1 - 6 电压和电流的参考方向

本章目标 (Chapter Objectives)

在学习本章之后，应能够：

- 明确学习电路的目的。
- 定义电路和电路模型。
- 了解基本电路的组成部分。
- 深入理解电流，电压的概念。
- 理解电阻元件及其特性。
- 熟悉电流电压参考方向的概念。
- 应用欧姆定律并理解其伏安特性。

1-1 引言

电路理论是电类专业的一门重要的专业基础课，要学好这门课，首先应对电能的应用及其重要性有所了解。

一、生活中的电

现代文明很大程度上掌握在电能的手中。从电子闹钟在清晨叫醒你的那一瞬间起，你就是在电和电子产品的环绕中开始你新的一天的旅程：电壶帮你烧咖啡或茶；电炉为你准备三餐；手机为你传递信息和友情；电视机、VCD、DVD 和游戏机等为你提供娱乐；洗衣机为你洗衣；电冰箱为你储备食品；电子计算器帮助你学习；电脑和互联网为你打开信息之窗，带你走进知识的海洋……。电子技术日新月异，越来越新颖的电子产品不断问世，你的生活也将越来越便捷且丰富多彩。直到当你结束了这充实的一天，关掉电灯入眠之时，你才暂时远离了这神奇的电的世界。

二、电能和电子工业

工业中电和电子类技术的应用就更多了。电力系统的发电和输电业为我们带来了电能。这电能是现代工业和文明的伟大的原动力和擎天柱。电子电路、数字电路、通信、工业自动化、自动控制、计算机、电气、机电、数控业……都是由电业作为土壤和枝干而发展滋生的电类产业。

当航天英雄乘载人飞船在宇宙漫游时，当探索号、勇气号在火星探险时，你有没有想到有多少电子元器件和系统在控制和主导着它们？

三、为什么要学电路？

任何复杂的电子元器件及其控制系统都是由基本的电路理论作为基础的。只有掌握和理解了基本电路的概念和原理，才能在电工及电子工程技术领域进一步开拓。

当你开始阅读这本书时，你也许已经选择了电工或电子类专业作为你生涯的目标——一个明智的选择！电工及电子技术已经而且正在对人类社会的各个领域做出不可磨灭的贡献，这是不容忽视的事实。而且它还将会对人类文明产生更大的冲击，这也是在预料之中的。因此，专家们预测电工电子工程技术方面的职业需求量将持续增长。这对于选择了此行的同学们来说不失为一好消息。

未来的电工电子技术员、工程师、大师们，莫要错过了良机，赶快敲开这神奇的电子世界的大门，迈出奠定你通向电子工程技术生涯的第一步！

比起其他工科专业，这也许是一个更为艰难、更具挑战性的领域。但只要你坚定了信念，愿意做出不懈的努力，就一定能在这一神奇的电的世界里自由地翱翔。祝愿你能在此领域获得成功！

四、电类专业的生涯

现如今电工电子类技术发展之快之广给选择此领域的人士带来了无限的生机。只要掌握了坚实的电路和电子技术的基础，雇佣者对新雇员在其分支领域的培训将使你很快走进一个崭新的电类的生涯。

电工电子技术类的工作类型很多，这里只列举一二：

- 电机、电气、电子、通信、控制、计算机、数控……工程师；
- 集成电路（IC）设计工程师；
- 数字电视研发工程师；
- 微机芯片研发测试工程师；
- 电工专业教授、讲师；
- 电工电子类新产品开发、测试研究人员；
- 电工电子类制造厂技术人员；
- 电工电子类制造厂高级技工；
- 实验室电工电子类专业技术人员；
- 电器维护、维修、安装或调试技术人员；
- 电工电子类技术资料、电子电器产品说明书撰写员；
- 电器电子产品销售员；
- ……

五、电路历程的里程碑

电业的现状和应用读者已有所了解，那么这个对现代文明有举足轻重的电业是怎样成长为今天这样一棵枝繁叶茂的长青之树的呢？下面来做一个简单的回顾。

描述电的现象最早的文字记载是在 2500 年前，古希腊人在那时已发现用纤维摩擦过的琥珀可沾上羽毛或柔软的纤维，这就是摩擦生电的原理。琥珀（amber）的希腊词就是电子（electron），电子的本意是“像琥珀一样”或“具有吸引力”。

许多早期对电能及电路的发展做出过杰出贡献的大师们仍然和他们所揭示的电路定律及物理量一样在电路的里程碑中永存。大师们的名字数不胜数，下面仅列举本书将要接触到的一些人名。例如，法国物理学家库仑（Coulomb）揭示了正负电荷间吸引或排斥的原理，从而被命名为电荷的单位（库仑）。1800 年，英国物理学家法拉第（Faraday）揭示了电流是起源于两个金属导体间酸所引起的化学作用，而被命名为电容的单位（法拉）。法拉第还发现移动的磁场可以产生电流，以及运动的导体在磁场中也会产生电流，这就是人们今天所知的法拉第电磁感应定律。

1820 年，法国物理学家安培（Ampere）给出了电流的定义并找到了其测量方法，而被命名为电流的单位（安培）。德国物理学家欧姆（Ohm）建立了电压和电流间的联系，奠定了最著名的电路定律——欧姆定律，且被命名为电阻的单位欧姆。

英格兰工程师和发明家瓦特（Watt）在磁场学中做出了重要贡献，从而被命名为功率的单位（瓦特）。德裔的俄罗斯科学家楞次（Lenz）发现在磁场里的导体中产生的感应电流的极性总是对抗它自身感应电压的改变，因此这个定律被命名为楞次定律。

1862 年，苏格兰教授麦克斯韦（Maxwell）揭示了光的电磁效应，从而奠定了麦克斯韦电磁场方程式。他还提出电磁波在空气中传播的速度（光速）是 3×10^8 m/s 从而被命名为磁通量的单位（麦克斯韦）。德国物理学家韦伯（Weber）与他齐名（1 韦伯 = 10^8 麦克斯韦）。

1888 年，德国物理学家赫兹（Hertz）通过低频微波试验证实了麦克斯韦的理论及方程式，且揭示了电磁波的产生及其传播方法，从而被命名为频率的单位（赫兹）。美国物理学家亨利

(Henry)发明了自感线圈，从而被命名为电感的单位(亨利)。英国物理学家焦耳(Joule)发现能量可以从一种形式转换为另一种形式，从而被命名为能量的单位(焦耳)……。以上介绍的大部分电路定律或电路物理量单位的名称将在后续章节中用到，熟悉了这些名称将为以后熟练使用电路物理量的单位名称打好基础。

1-2 电路和电路模型

一、基本电路

这本书的名称是电路，那么究竟什么是电路呢？电路是可以使电流流通的一个完整的路径，或者说电路是构成电流通路的一切电路元件的总和。它可以包括电阻、电容、电感、电源、开关、导线，等等。

电路(Circuits)	电路是构成电流通路的一切电路元件的总和。
--------------	----------------------

一个基本的电路需要三个组成部分：电源、负载和导线。导线是一条连接电源和负载的通路(导体)。电源是供给电能的设备，它可将其他形式的能量转换成电能，例如电池和发电机就是电源，其中：

- 电池可将化学能转换成电能；
- 水力发电机可将水能转换成电能；
- 火力发电机可将热能转换成电能，等等。

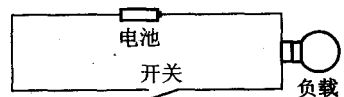
负载是用电或耗能装置，它可以是任何能够接收电能且能将电能转换为其他能量的装置。例如：

- 电灯可将电能转换为光能；
- 电炉可将电能转换为热能；
- 电动机可将电能转换为机械能等。

所以电灯、电炉和电动机等都是负载。

基本电路的组成部分 (Consisting of a Basic Circuit)	电源:供电设备,可将其他形式的能量转换成电能; 负载:用电装置,可将电能转换成其他形式的能量; 导线:连接电源和负载的导体。
----------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

图 1-1 就是一个简单手电筒电路示意图。这个手电筒电路里的干电池为电源，小灯泡是负载。



二、电路模型(电路图)和理想电路元件

学习电路理论通常需要画出或识别电路图，因为电路图会使

图 1-1 手电筒电路示意图

人们更容易理解、分析和计算电路。画一个像图 1-1 手电筒电路一样简单的实际电路图并不需要很多时间，但若更深入地学习电路理论，电路的类型就会越来越复杂，实际的电路图画起来也就需要更多的时间，所以常见的电路图都用理想电路元件的电气图形符号来代替实际元件，称为电路模型。

理想电路元件：理想电路元件是实际电路元器件的理想化和近似，是实际元器件的电磁属性的科学抽象。例如，电池或直流发电机都可将其他形式的能量转换为电能，从而产生直流电压，所以就将它们用理想电路元件电源 E (或 U_s) 来代表。又如电灯、电炉和电动机等负载，都有将电能转换为其他形式的能量从而消耗电能的特性，因此用电阻 R 这个理想电路元件来代表。理想电路元件（以后将略去理想二字）中主要有电阻元件、电容元件、电感元件和电源等。

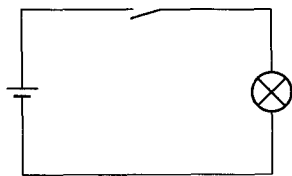


图 1-2 手电筒电路的电路模型（电路图）

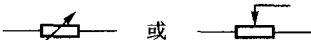
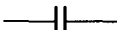




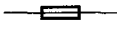





电路模型：电路模型是由理想电路元件按照实际电路元器件的连接方式用理想导线而构成的电路。如上述图 1-1 就可用图 1-2 这个电路模型（或称电路图）来表示。以后再提及电路图均指这种电路模型。

理想电路元件 (Ideal Circuit Components)	理想电路元件是实际元器件的电磁属性的科学抽象及理想化和近似,它可用来定量分析和计算。
电路模型(电路图) (Schematic)	电路模型是理想电路元件的组合。

不同的理想电路元件在电路模型中用不同的图形符号来表示。表 1-1 列出了一些在本书中要用到的电路元件的电气图形符号。

表 1-1 部分电路元件的电气图形符号

名称	电气图形符号
直流电源	
交流电源	
电流源	
白炽灯	
连接导线	
不连接的导线	
固定电阻	

名 称	电气图形符号
可变电阻	
电容	
电感	
开关	
扬声器	
接地	
熔断器	
电阻表	
电流表	
电压表	
变压器	 (空心)
	 (带铁心)

随着后面深入的学习，读者会对上述电路元件有所了解。

电路中有几个重要的物理量：电流、电压和功率等。在物理课程中大家已对它们有所了解。因为这些物理量对学习电路至关重要，所以需对它们有深入的理解。下面分别对这几个物理量做一回顾。

1-3 电 流

一、电流

虽然电子和电流都是不可见的，但是它们可以用水流来作比拟。水（水分子 H_2O ）在水管中

的流动是水流，自由电子在导体中的流动是电流。

电流 (Current)	在导体中流动的自由电子称为电流。
--------------	------------------

二、电流的含义

当测量水流时，通常用每秒钟有多少升（或加仑）的水流出一管道来测量。电流也一样，若想计算电流的流量（或速率），可用每秒钟通过导体某横截面的电子（或电荷）量来计算，称为电流 即

$$\text{电流} = \frac{\text{电荷量}}{\text{时间}} \quad \text{或} \quad I = \frac{Q}{t}$$

若用导数表示，则此公式为 $i = dq/dt$ 。电流的大小和方向不随时间而变化的称为直流电，如图 1-3(a) 所示；电流的大小和方向随时间而变化的称为交流电，如图 1-3(b) 所示。直流量一般用大写字母表示，交流量一般用小写字母表示。

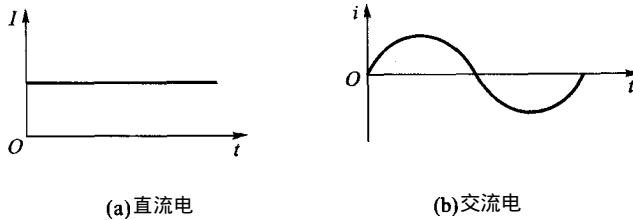


图 1-3 直流电和交流电

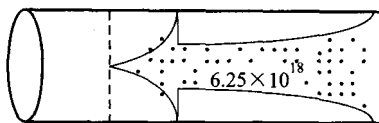
电流 I (Current)	<p>电流指在单位时间内通过某导体横截面的电荷量。</p> <p>电流 = $\frac{\text{电荷量}}{\text{时间}}$, $I = \frac{Q}{t}$ 或 $i = \frac{dq}{dt}$</p>
---------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

名称	名称符号	单位	单位符号
电荷	Q	库[仑]	C
时间	t	秒	s
电流	I	安[培]	A

1 C 的电荷在 1 s 内通过一导体的特定横截面所通过的电流就是 1 A 即

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$

1 A 电流究竟是什么意思呢？它实际意味着有 6.25×10^{18} 个电子（负电荷）在 1 s 内通过导体的某一横截面，如图 1-4 所示（因为 $1 \text{ C} = 6.25 \times 10^{18}$ 个电子电荷量）。



在 1 s 内 6.25×10^{18} 个电子通过这一横截面时的电流为 1 A

图 1-4 1 A 电流

例 1-1 若有 100 C 的电荷在 50 s 中内通过一导体的某一横截面，电流的流量是多少？

解：已知 $Q = 100 \text{ C}$, $t = 50 \text{ s}$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{100 \text{ C}}{50 \text{ s}} = 2 \text{ A}$$

例 1-2 若一电路元件中的电荷为 $q = 2t$ ，计算此电路的电流。

解：

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(2t)}{dt} = 2 \text{ A}$$

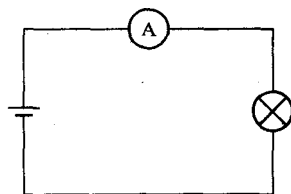


图 1-5 用电流表测电流

三、电流表

电流的大小可用电流表来测量。它的符号是 Ⓐ 电流表必须串接（串联连接）在电路里来测量电流，如图 1-5 所示。

电流表 (Ammeter)	电流表是测量电流的仪表,符号为 Ⓐ ,需串联使用。
------------------	------------------------------------

四、电流的实际方向

早期的科学家们因为对原子理论不是十分清楚，所以就假设电流是正电荷在导体中的移动。然而在 1890 年，科学家们发现电流实际上是电子（即负电荷）在导体中的移动。所以现今有两种方法来表示电流的实际方向，一种是传统的电流方向：即电流由正电荷从正极向负极移动而产生，如图 1-6(a) 所示；另一种是用电子移动的方向来代表电流的方向：即电流由负电子从负极向正极移动而产生，如图 1-6(b) 所示。

因为电流实际上是不可见的，所以它的方向并不影响电路的设计、计算、测量和应用。只要在计算中自始至终地使用同一种方法就行。而传统电流方向的方法多年来已根深蒂固地被应用在电路和电子工程技术之中，人们已习惯继续沿用此法，所以本书也就采用了传统电流方向的方法。

传统电流方向的方法 (Conventional Current Version)	定义电流方向为正电荷从正极向负极移动的方向。
---------------------------------------------	------------------------

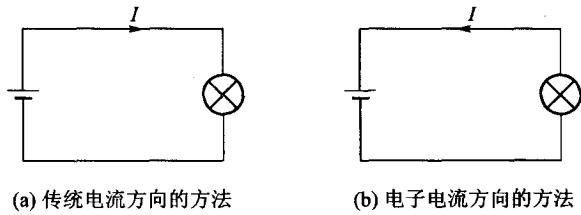


图 1-6 电流方向的表示方法

电子电流方向的方法 (Electron Current Version)	定义电流为电子从负极向正极移动。
-----------------------------------------	------------------

1-4 电 压

一、电动势/电压

人们曾将电子在导体中的流动（电流）比喻为在水管中流动的水，现在再设想一下在水枪里的水。一支水枪若无压力（即不扣扳机），就不会有水射出枪口。只有人为施加了压力（即扣动扳机）之后，才会有水流出枪口。若施加较轻的压力（轻扣扳机），就只有少量的水射出，重施压力（重扣扳机），则会有大量的水射出。水射出水枪需要水压，电流在导体中流动需要电压。若无电压，则电路中就不会有电流。施加较低的电压，会有较少的电流流动；施加较高的电压，就会有大量的电流流动。

下面以上述手电筒电路（图 1-1）为例来进一步分析电压。如果此电路没有连接电池作为电源，只有导线和小灯泡，小灯泡是不会亮的。因为此时导体中的电子任意地漂移在不同的方向，不能形成向特定方向流动的电流。电池中的化学能将正电荷从电源负极移至电源正极。一旦电池和负载由导线连接在一起，或者说电动势被施加到电路之后，因为电源是“电子移动力”（Electron Moving Force 简称为 EMF）或“电动势”（Electromotive Force）的源泉，对电源外电路来讲，又称为电电源电压，此电压是导致电子移动的一种电场力。它能驱动电子从导体的一端移动到另一端。从而电池（电源）的正极吸引带负电的电子，负极排斥带负电的电子，这就导致了电子向同一方向运动而形成了电流。

电压的符号为 U ，单位是伏[特]，简称为伏（V）。电动势的符号用 E 来表示，单位也为伏[特]（V）。

电动势 (Electromotive Force) E 或 电源电压 (Voltage Source) U_s	电动势或电压是导致电子或电荷移动的电场力（一般指电源电压）。
-------------------------------------------------------------------	--------------------------------

名称	名称符号	单位	单位符号
电压	U	伏[特]	V
电动势	E 或 U_s	伏[特]	V

在学习电路理论时，会接触到不同的电压名称，例如电位差、施加电压、负载电压，电压降、电压升等，它们之间有什么区别呢？

二、电位差

“水往低处流”是一个很普通的常识。设想有两个水箱 A 和 B 若想要 A 水箱的水向 B 水箱流，A 水箱就需要有比 B 水箱高的水位。只有形成了这样一个水位差，A 水箱的水才会向 B 水箱流。换句话说，有水流就一定存在水位差，如图 1-7 所示。

这个道理也可用于电路。两点之间水的流动需要水位差，两点之间电子的流动则需要电位差。比如要维持白炽灯持续发光，即维持电子的移动，白炽灯两端就需要有电位差，这个电位差是由电源的电动势产生的。有电流的流动就一定有电位差，而电压或电位差一定是存在于两点之间。

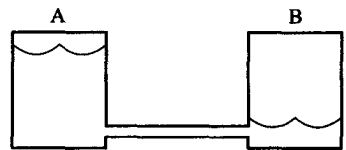


图 1-7 水位差

电动势可称为电源电压或施加电压，而负载两端的电位差则称为负载电压。电压的正极为高电位点，负极为低电位点，所以电压有时又称为电压降（当电流从高电位点流向低电位点时）或电压升（当电流从低电位点流向高电位点时）。

电位差或电压 U (Potential Difference or Voltage)	电路任意两点电位间的差别称电位差或电压。
电源电压或施加电压 E 或 U_s (Source Voltage or Applied Voltage)	电源发出的电动势(或电压)称电源电压或施加电压。
负载电压 U (Load Voltage)	负载两端的电位差或电压称负载电压。
电压降 (Voltage Drop) 电压升 (Voltage Rise)	电流从高电位点流向低电位点时的电压称电压降。 电流从低电位点流向高电位点时的电压称电压升。

设想有一个高于地面几尺的水箱，它需要一定的能量做功来把水箱的水充满。一旦水箱充

满了水，它就具有了能量，要放水时，就做了功，这就是水位差的物理意义。电位差（电压）也同样，要使电子或电荷从某一极移到另一极就需做功。所以电压（ U ）等于电场力移动单位电荷（ Q ）所做的功（ W ）或所具有的能量，这可用公式表示为 $U = W/Q$ ，此公式亦可用导数表示为

$$u = dw/dq$$

电压 U (Voltage)	电压 = $\frac{\text{能量}}{\text{电荷}}, U = \frac{W}{Q}$ 或 $u = \frac{dw}{dq}$
---------------------	---------------------------------------------------------------------------

名称	名称符号	单位	单位符号
电压	U	伏[特]	V
能量	W	焦[耳]	J
电荷	Q	库[仑]	C

若 1 J 的能量用来移动两点间 1 C 的电荷，这两点间就存在 1 V 的电位差或电压，如图 1-8 所示。

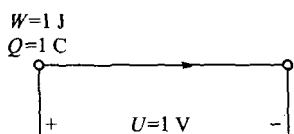


图 1-8 电位差

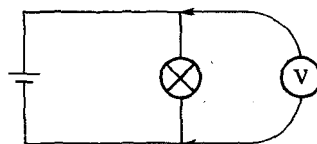


图 1-9 用电压表测电压

三、电压表

电压表是一种可用来测量电压的仪表，它的符号为 Ⓧ 。电压表必须并接（并联）在负载或电源两端来测量电压，如图 1-9 所示。

电压表 (Voltmeter)	电压表是测量电压的仪表，符号为 Ⓧ ，需并联使用。
--------------------	------------------------------------

1-5 电阻元件和欧姆定律

一、电阻元件

下面还是以水流为例来了解电阻。设想在一条小溪里投下一些沙石，将会产生什么结果呢？小溪的水流就会减缓了流速。投下沙石的多少将影响水流的快慢。这是因为沙石对水流造成了



阻力。同样的道理也可用于电路。电阻——顾名思义就是电流的阻力，它会阻碍电流的流通。阻碍电流的流通似乎是件坏事，但有时人们正需要电阻来调节电路中电流的大小，借以达到不同的应用目的。例如电灯发出的灯光的明暗度就可用电阻来调节。人们因此而设计出不同阻值的电阻元件，以达到调节电路中电流大小的目的。

另外如前所述，电灯、电炉、电动机等负载也可用理想电阻元件来代表（作为其模型）。因为一旦这类负载接入电路就会给电路带来阻力，电路中的电流就会相应减少。在电路图中的理想电阻元件是通过两个端钮和电源等连接的，所以它又称为二端理想电阻元件。

电阻元件 (Resistor)	电阻元件是任何时刻端电压与其电流成正比的二端元件,简称电阻。
--------------------	--------------------------------

电阻 (Resistance)	电阻阻碍电流的流动(电阻亦指电阻元件的参数)。
-----------------	-------------------------

电阻元件的符号为 R 单位为欧[姆] 简称欧 用希腊字母 Ω 来表示。电阻有固定电阻（阻值固定不可变）和可变电阻（阻值可在一定范围之内调节）之分，它们的图形符号如下：

电阻图形符号 (Symbol of the Resistor)	固定电阻：  可变电阻： 
------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

名称	名称符号	单位	单位符号
电阻	R	欧[姆]	Ω

二、导线的电阻

所有的材料或导线都有一定的电阻值存在，导体也不例外，只是导体中有较低的电阻值而绝缘体有较高的电阻值罢了，或者说它们电阻率（阻止电流流动的能力，用希腊字母 ρ 表示）的大小不同。影响导线电阻值的因素有四个，即导线的类型（不同的材料有不同的 ρ ）、长度（ l ）、横截面（ A ）和温度（ T ）如图 1-10 所示。

这些影响导线电阻的因素可用一公式表示为

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

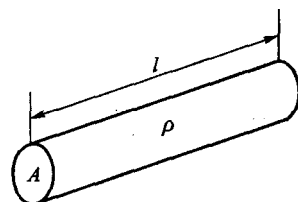


图 1-10 影响导线电阻的因素

影响导线电阻的因素 (Factors Effecting the Resistance)	电阻率(ρ)、长度(l)、横截面(A)和温度(T) $R = \rho \frac{l}{A}$
-------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

名称	名称符号	单位	单位符号
电阻	R	欧[姆]	Ω
导线的横截面	A	平方米	m^2
导线的长度	l	米	m
材料的电阻率	ρ (希腊字母 rho)	欧米	$\Omega \cdot m$

导线的横截面越大(即导线越粗),电阻值越小,通过的电流就越大,正如水管越粗,阻力越小,通过的水流越多一样;导线越长,电阻越大,通过的电流就越小,正如水管越长,流出水管的水越少一样。当温度(T)增加时,电阻值也会随之增加。

常用电工材料的电阻率见表 1-2。

表 1-2 常用电工材料的电阻率(ρ)

材料	电阻率 $\rho/(\Omega \cdot m)$
铝	2.83×10^{-8}
铜	1.72×10^{-8}
金	2.45×10^{-8}
银	1.64×10^{-8}
硅	2.5×10^3
纸	10^{10}
木	$10^8 \sim 10^{14}$
云母	5×10^{11}

例 1-3 一段铜线,长度为 200 m 导线的横截面积为 0.26 cm^2 计算这段导线的电阻。

解:已知 $l = 200 \text{ m} = 20\,000 \text{ cm}$

$$A = 0.26 \text{ cm}^2$$

$$\rho = 1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \text{ (铜线)}$$

所以
$$R = \rho \frac{l}{A} = \frac{1.72 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm} \times 2 \times 10^4 \text{ cm}}{0.26 \text{ cm}^2} \approx 0.132 \Omega$$

这段铜线的电阻为 0.132Ω 。由此看出,常用的导体(铜线)虽有电阻,但电阻值很小,200 m 仅有 0.132Ω 电阻。

三、电阻表

电阻表是用来测量电阻的仪表,它的符号为 $\textcircled{\Omega}$ 。电阻表必须切断电源且并联在电阻两端来测电阻值,如图 1-11 所示。

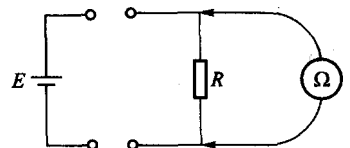


图 1-11 测量电阻值

电阻表 (Ohmmeter)	电阻表是测量电阻的仪表,符号为 Ⓢ ,需切断电源且并联使用。
-------------------	-----------------------------------------

四、电导

电阻的倒数称为电导,即 $G = 1/R$,有时(特别是在并联电路中)用电导来分析计算比较方便。电导意味着材料的导电性,材料的电阻值越高,电导 G 越小,导电性越差。反之,电阻值越低,电导越大,导电性越好。因为

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

所以

$$G = \frac{A}{\rho l}$$

从上述公式中可看出:增加导线横截面积(A)或减少导线长度(l)可提高其导电性。

电导的单位是西门子(S),一些书中用另一个单位名称姆欧(mho),实际就是将欧姆倒过来如同 G 是 R 的倒数一样。

电导(G) (Conductor)	$G = \frac{1}{R}$ 单位:西门子(S)或姆欧
--------------------------	--------------------------------

例 1-4 $R = 22 \text{ k}\Omega$ 计算电导。

解:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{22 \text{ k}\Omega} \approx 45.5 \text{ S}$$

五、欧姆定律

欧姆(George Simon Ohm, 1789—1854)是德国的数学家和物理学家。1827年,他找出了一种简单的方法来确定电流、电压和电阻三者中的任意一个量(假定其他两个量为已知)。这就是著名的欧姆定律。

任何从一种形式向另一种形式的能量的转换都可用下述公式表示为

$$\text{结果(Effect)} = \frac{\text{原因(Cause)}}{\text{阻力(Opposition)}}$$

在电路中,电子的流动电流应是结果,电压是导致电流产生的原因,而电阻则是阻止结果产生的阻力。把电路各量带入此公式就是欧姆定律。欧姆定律描述了电压、电流和电阻在电路中的数学关系。

欧姆定律 (Ohm's Law)	电流 = $\frac{\text{电压}}{\text{电阻}}$, $I = \frac{U}{R}$ 或 $I = \frac{E}{R}$
---------------------	----------------------------------------------------------------------------

名称	名称符号	单位	单位符号
电流	I	安[培]	A
电压	U 或 E	伏[特]	V
电阻	R	欧[姆]	Ω

欧姆定律的辅助记忆法：需计算哪个量就遮住哪个量，如图 1-12 所示。

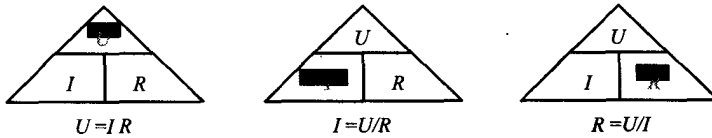


图 1-12 欧姆定律辅助记忆法

欧姆定律可以用图 1-13 所示的实验电路来证实，在电路中接入电压表测量电源电压为 $E = 10\text{ V}$ ，再接入电流表测量电流为 $I = 2\text{ A}$ 。用欧姆定律可证实此电路的电流确为 2 A 。

$$I = E/R = 10\text{ V}/5\ \Omega = 2\text{ A}$$

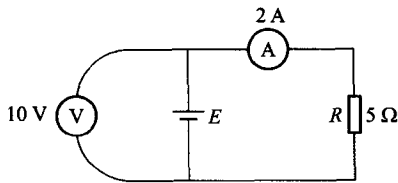


图 1-13 欧姆定律的实验电路

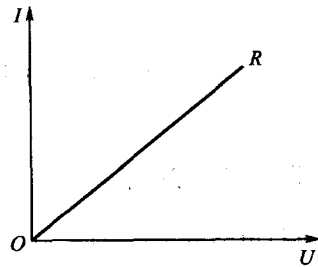


图 1-14 电阻的伏安特性

六、欧姆定律的图解法

如果把电压作为纵坐标（或横坐标），电流作为横坐标（或纵坐标），则欧姆定律可用一条通过原点的直线表示为电阻元件的伏安特性，如图 1-14 所示。因为在欧姆定律中电流和电压是成正比的，即当电阻值不变时，电压增加，电流就会随之成正比增加。

例 1-5 当电阻值为 $10\ \Omega$ 时 欧姆定律的图解法如图 1-15 和表 1-3 所示。

表 1-3 例 1-5 表

电压 U/V	电流 I/A
10	1
20	2
30	3
40	4
50	5

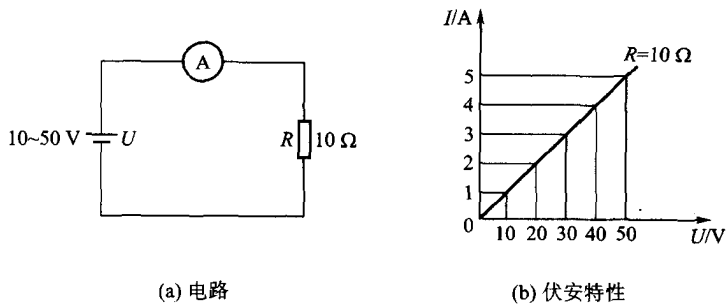


图 1-15 例 1-5 图

当电压从 10 V 增加到 50 V 时，从伏安特性上可得出，电流即从 1 A 增加到 5 A。当电阻元件的电流电压关系服从欧姆定律的伏安特性，可用一条通过原点的直线表示时，就称这种电阻为线性电阻。由此推理，若电阻元件的电压电流关系不为直线时，就是非线性电阻。

七、欧姆定律的电导形式

当电导被用在欧姆定律中时，就有了欧姆定律的电导形式

$$I = GU \quad \text{因为 } G = 1/R \quad I = U/R$$

1-6 电压和电流的参考方向

一、电流的参考方向

由于在进行电路分析计算时，有时电路电流的实际流动方向会改变，有时电路比较复杂，因此事先难以确定电路的实际电流方向。为分析计算方便，在计算之前，可以事先假定电流的方向，并在电路图中用箭头表示出来，这就是电流参考方向的概念。若计算所得电流为正值 ($I > 0$)，则表明实际方向与假设方向（参考方向）一致；若计算所得电流为负值 ($I < 0$) 则表明实际方向与假设方向（参考方向）相反，如图 1-16 所示（图中实线箭头表示电流的参考方向，虚线箭头表示电流的实际方向）。

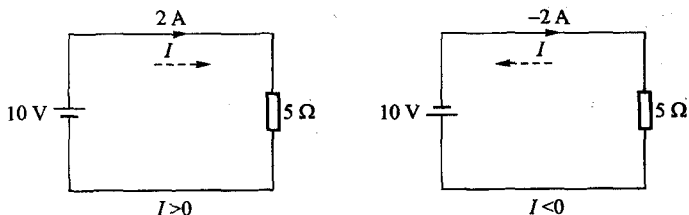


图 1-16 电流参考方向

电流参考方向(假设电流方向) (Reference Direction of Current)	$I > 0$: 电流实际方向与参考方向一致; $I < 0$: 电流实际方向与参考方向相反。
----------------------------------------------------	------------------------------------------------------

电流参考方向的两种表示方法如图 1-17 所示。

- 用箭头表示：箭头的指向为电流的参考方向；
- 用双下标表示：例如 I_{ab} 就意味着电流的参考方向为 a 指向 b。

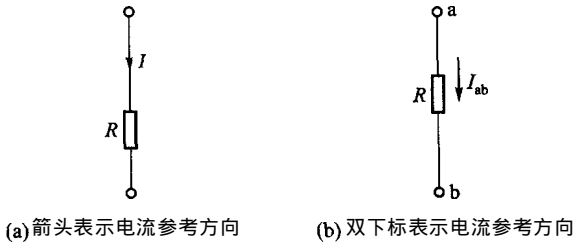


图 1-17 电流参考方向的表示方法

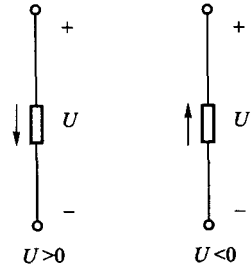


图 1-18 电压参考方向

二、电压的参考方向

和电流参考方向一样，电压的参考方向（或参考极性）也是一种任意选定的方向，若计算所得的电压值为正 ($U > 0$)，则表明实际电压方向与参考方向一致；若计算所得的电压值为负 ($U < 0$)，则表明实际电压方向与参考方向相反，如图 1-18 所示（图中正负极表示电压的参考方向，箭头表示电压的实际方向）。

电压参考方向(假设电压方向) (Reference Direction of Voltage)	$U > 0$: 电压实际方向与参考方向一致; $U < 0$: 电压实际方向与参考方向相反。
----------------------------------------------------	------------------------------------------------------

电压参考方向的三种表示方法如图 1-19 所示。

用箭头表示：箭头从正极指向负极；

用正负极表示：正极表示高电位点，负极表示低电位点；

用双下标表示：比如 U_{ab} 就意味着 a 点电位高于 b 点电位。

三、电压与电流的关联参考方向

若电流的参考方向被指定为从电压的正极流入、负极流出，则电流的参考方向和电压的参考方向就一致了。

或者说，沿着电流的参考方向就是电压从正极到负极的方向，这就称为电流、电压的关联参考方向，如图 1-20 所示。这样，即使只有一种物理量的参考方向，也可定出另一种物理量的参

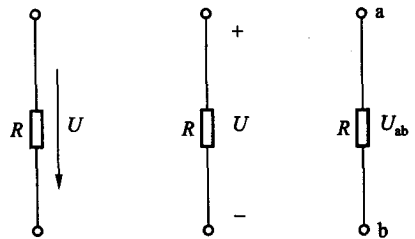


图 1-19 电压参考方向的表示法